

**Intern rapport  
nr. 1504**

**Miljøvennlige geokonstruksjoner  
Studietur til Frankrike og Sveits 1990**

**Mai 1991**

**Veglaboratoriet**

Intern rapport

nr. 1504

Gruppe: C

MILJØVENNLIGE GEOKONSTRUKSJONER  
STUDIETUR TIL FRANKRIKE OG SVEITS 1990

Vegdirektoratet  
**Veglaboratoriet**

Gaustadalleen 25, Postboks 6390 Etterstad, Oslo 6 Tlf. (02) 63 99 00



Veglaboratoriets Interne rapporter omfatter utredninger, forskningsresultater, studiebesøk, forslag til retningslinjer, foredrag og kurskompendier.

Rapportene er delt i to grupper:

- B: For bruk innen Statens vegvesen
- C: For fri distribusjon

Innholdet eller deler av det må ikke publiseres videre uten tillatelse fra Veglaboratoriet.

---

prosjekt/oppdrag:	P-465 Miljøvennlige geokonstruksjoner
seksjon:	47 - Geoteknisk
saksbehandler:	Jan Vaslestad / BN
dato:	Mai 1991

---





VEGLABORATORIET

## rapportsammendrag

X	Intern rapport
	Laboratorierapport
	Oppdragsrapport

111	A	Rapportstatus*) N	Seksjon/fylke 47/Geotek	Prosjekt P-465	Gruppe: C	nr. 1504
-----	---	----------------------	----------------------------	-------------------	--------------	----------

1 2 3 4 5 21 31 41 51 61 71

*) N = ny O = oppdatert	TITTEL	212 A	Miljøvennlige geokonstruksjoner. Studietur til Frankrike og Sveits 1990				
	SAKS-BEHANDLER	221 A	Navn Jan Vaslestad		Institusjon Veglaboratoriet		
		B					
C							
**) FoU = forskning og utvikling F = forskrifter/normaler K = konferansebidrag A = artikkel	RAPPORT DATA	421 A	Rapporttype**) FOU	Dato Mai 1991	Erstatter rapport nr:		
		B	Totalt sidetall 64		Språk Norsk		
		C	Antall fotos	Ant. figurer	Ant. tabeller	Ant. litt.henv.	
		D	Sammendrag i andre språk			UTM ref.	
SAMMENDRAG		511 A	<p>Rapporten omhandler en beskrivelse av metoder innen miljøvennlige geokonstruksjoner etter en studietur til Frankrike og Sveits.</p> <p>Følgende metoder er bl.a. beskrevet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Løsmassetunneler av betongelementer</li> <li>- Graskledde støyvoller og støttemurer av armert jord</li> <li>- Utnyttelse av brukte bildekk i vegbygging</li> </ul> <p>En rekke av metodene har et stort potensiale for bruk i vegbygging i Norge, og konkrete resultater av studieturen er to prosjekter som bygges i Norge:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* En graskledd armert jord støyvoll i Drammen er allerede bygd etter Textomur-prinsippet fra Sveits</li> <li>* To løsmassetunneler etter Matiére-prinsippet fra Frankrike skal bygges i Nordland. Det oppnås en kostnadsbesparelse på 3 millioner kr. på dette prosjektet, sammenlignet med en tradisjonell bruløsning.</li> </ul> <p>Ved bruk av bildekk i vegbygging etter den franske Pneusol-metoden, kan vi få et rimelig og holdbart konstruksjonsmateriale, samtidig som vi bidrar til å løse et betydelig miljøproblem.</p>				
FAG-OMR.		611 A	Stabilitet og setninger			IRRD kode 42.1	
		B	Bæreevne og jordtrykk			42.2	
		C					
NØKKEWORD		621 A	Armering			3471	
		B	Støttemur			3369	
		C	Stål			3442	
		D	Betong			4755	
		E	Kulvert			3360	
		F	Økonomi			0165	
		G					
		H					

1-86



**INNHold:**

	Side
1. INNLEDNING.....	1
2. STUDIEREISER.....	2
2.1. Frankrike.....	2
2.1.1. Matiere-betongelementtunneler.....	2
2.1.2. Teksol - armering av sand med tekstilfiber.....	6
2.1.3. Terratrel - jordarmering med stålstrips og grasfront.....	10
2.1.4. Pneusol - bildekk i geoteknikk....	13
2.2. Sveits.....	14
2.2.1. Textomur - graskledde armert jord konstruksjoner.....	14
2.2.2. Evergreen - støttemurer av betongelementer med beplantning...	20
3. TEKNOLOGIOVERFØRING TIL NORGE.....	26
3.1. Matiere - betongelementtunneler.....	26
3.2. Pneusol - bildekk i geoteknikk.....	28
3.3. Textomur - graskledde armert jord konstruksjoner.....	29
3.4. Evergreen - støttemur av betongelementer med beplantning.....	30
4. REFERANSER.....	30

**VEDLEGG:**

Vedlegg 1: Matière - betongelementtunneler

- " 2: Textsol - armering av sand med tekstilfiber
- " 3: Terratrel - jordarmering med stålstrips og grasfront
- " 4: Pneusol - bildekk i geoteknikk
- " 5: Textomur - graskledde armert jord konstruksjoner
- " 6: Evergreen - støttemurer av betong-elementer med beplantning

## 1. INNLEDNING

Våren 1990 fikk undertegnede tildelt et stipend på kr. 16000,- fra Vegdirektoratet for å studere miljøvennlige geokonstruksjoner.

Miljøvennlige geokonstruksjoner er et FoU-prosjekt ved geoteknisk seksjon, Veglaboratoriet.

Prosjektet omfatter:

- Graskledde støttemurer og støyvoller av armert jord
- Løsmassetunneler av betongelementer (miljøtunneler)
- Utnyttelse av brukte bildekk i geoteknikk

Med den økende utbygging av hovedvegssystemet rundt storbyene blir det mer og mer aktuelt å begrense miljøplagene fra vegtrafikk.

Et av de største problemer knyttet til vegtrafikken er støy. Miljøverndepartementet har satt 55 dBA som øvre, akseptable grense for utendørsstøy. Av SFT's handlingsprogram framgår det at ca. 1,3 millioner mennesker i Norge utsettes for støynivåer over denne grensen ved sin bolig.

Hvis vi ser støyplagene i forhold til folketallet, ligger Norge høyest blant de nordiske landene.

Det er derfor viktig å få flere løpemeter miljøtunnel eller støyvoll ut av de midlene som er tilgjengelig.

Dette prosjektet tar sikte på å utprøve rimelige miljøtunneler og støyvoller som samtidig er akseptable estetisk og teknisk.

I tillegg er det aktuelt å utnytte et avfallsprodukt som bildekk i geotekniske konstruksjoner. Samtidig som vi kvitter oss med et miljøproblem, kan vi få et rimelig konstruksjonsmateriale.

Stipendiet ble brukt til to studiereiser. Den første reisen ble foretatt 8. - 15. september til Frankrike.

Den andre reisen ble avviklet 7. - 11. november til Sveits.

For den enkelte studiereise ble det opprettet skriftlig kontakt med aktuelle kontaktpersoner. Det ble en relativt omfattende korrespondanse, men for å få optimalt utbytte av en slik studiereise, er det viktig å ha et klart fastlagt program.

Stipendordningen i Vegvesenet er et meget bra tiltak, og jeg føler at disse to studieturene har gitt et rikt utbytte både faglig og sosialt.



## 2. STUDIEREISER

### 2.1. FRANKRIKE

Denne studiereisen ble foretatt sammen med overingeniør Svein E. Hove fra Vegkontoret i Sør-Trøndelag. Han jobber med ny E6 fra Trondheim til Stjørdal, og var spesielt interessert i løsmasse-tunneler av betongelementer. Det er aktuelt med flere løsmassetunneler/miljøtunneler på denne strekningen.

#### 2.1.1. Matiere - betongelementtunneler

Vi ankom hotellet lørdag 8. september. Mandag 10. september ble vi hentet av direktør Marcel Mathieu fra firmaet Matiere.

Firmaet Matiere startet produksjon av betongelementer for kulverter i 1982.

Firmaet har mottatt flere priser for disse konstruksjonene, for innovasjon og estetikk.

Prinsippet for bygging av elementtunnelene er vist i fig. 1.

I tverrsnittet er det 4 elementer: Et bunnelement, 2 sideelementer og et topelement, se fig. 1.

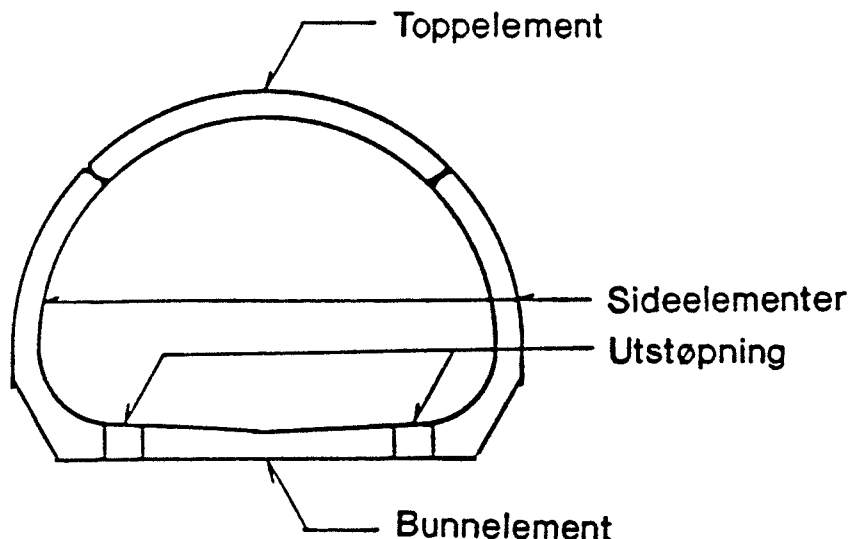


Fig. 1. Løsmassetunnel av betongelementer, prinsipp

Elementenes lengde er vanligvis 2,5 m. Tykkelsen varierer fra 18-26 cm. De to nedre skjøtene støpes ut. Rørene har vært bygd med tverrsnitt opptil 120 m<sup>2</sup>.

På grunn av at rørene er fleksible og bueformede, utnyttes styrken i omfyllingsmassene (samvirkekonstruksjon), og bæreevnen økes betraktelig.

Erfaring viser at betongvolumet kan reduseres med 20 - 35 %, og byggetiden er 5-7 ganger raskere enn for en plasstøpt betongtunnel.

Dette medfører kostnadsbesparelser i forhold til en plasstøpt konstruksjon, og hittil er det bygd ca. 1500 konstruksjoner.

De fleste er bygd i Frankrike, men også noen i Danmark og Sverige.

Fordelen framfor stålrør, er at korrosjon unngås og at tunnelene kan bygges vanntette.

Omfyllingsmassene kan være av noe lavere kvalitet enn for stålrør, og komprimeringsarbeidet trenger ikke utføres så omhyggelig.

Bueformen gjør at tunnelene er tiltalende av utseende, og de har også stor hydraulisk kapasitet.

Tverrsnittet på konstruksjonene har økt etterhvert, og fram til august 1990 har det blitt bygd 3800 lm med løsmassetunneler med bredde større enn 8 m, se fig. 2.

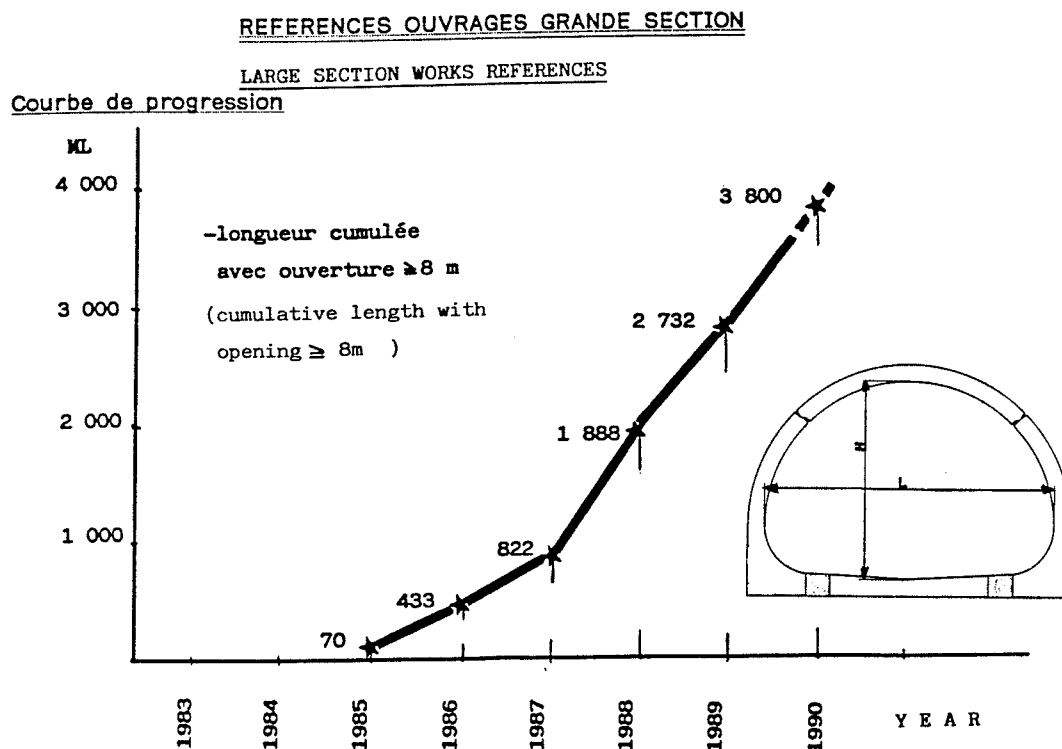


Fig. 2. Matière - kulverter med bredde større enn 8 m

Matière-konseptet er patentert, og evt. produksjon av betongelementer i Norge må foregå på lisens.

Firmaet Østlandske Spennbetong har inngått en avtale med Matière om lisensproduksjon i Norge. Østspenn har samarbeid med Vest-, Nord- og Sørspenn, slik at transportkostnadene kan minkes ved produksjon nær anleggsstedet.

Ved befaring i området rundt Paris fikk vi sett flere Matière-konstruksjoner.

Den første konstruksjonen var en fotgjengerundergang i sentrum av Paris, se fig. 3.

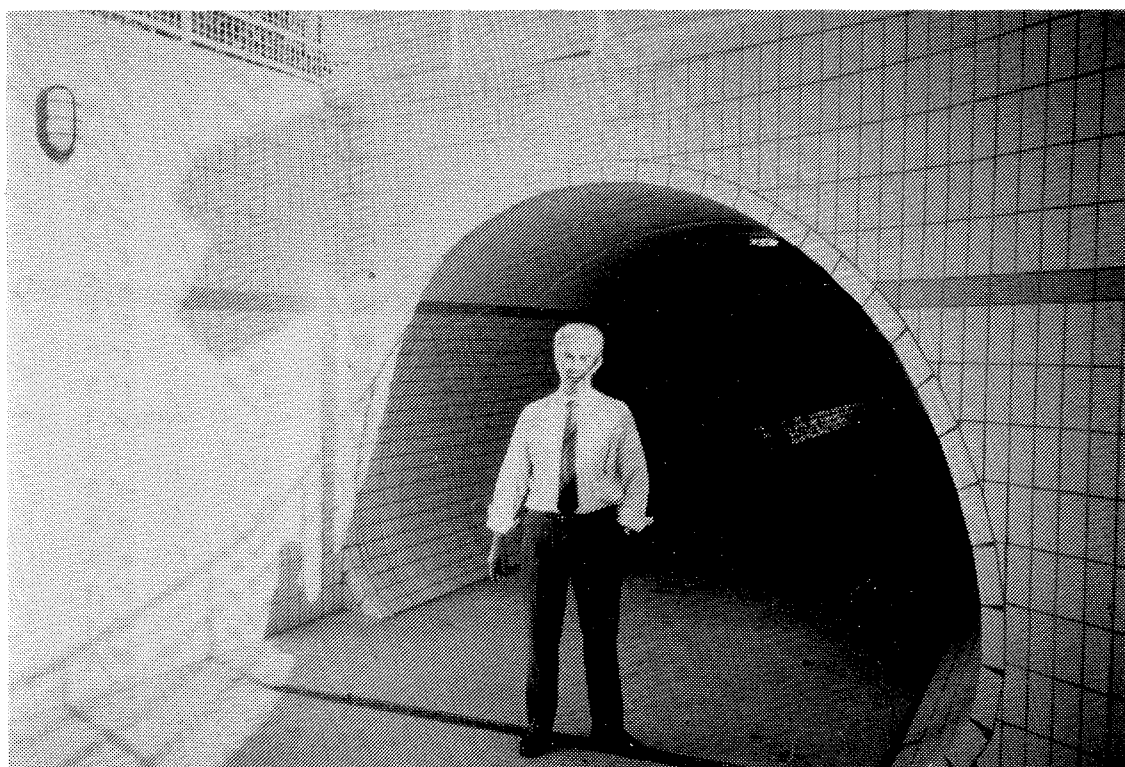


Fig. 3. Fotgjengerundergang av betongelementer

Denne undergangen var forseggjort med flisbelagt overflate.

Den neste konstruksjonen var 2 veggjennomføringer, som lå etter hverandre. Det passerte også veger over konstruksjonene, se fig. 4. Disse gjennomføringene hadde en bredde på ca. 10 m.

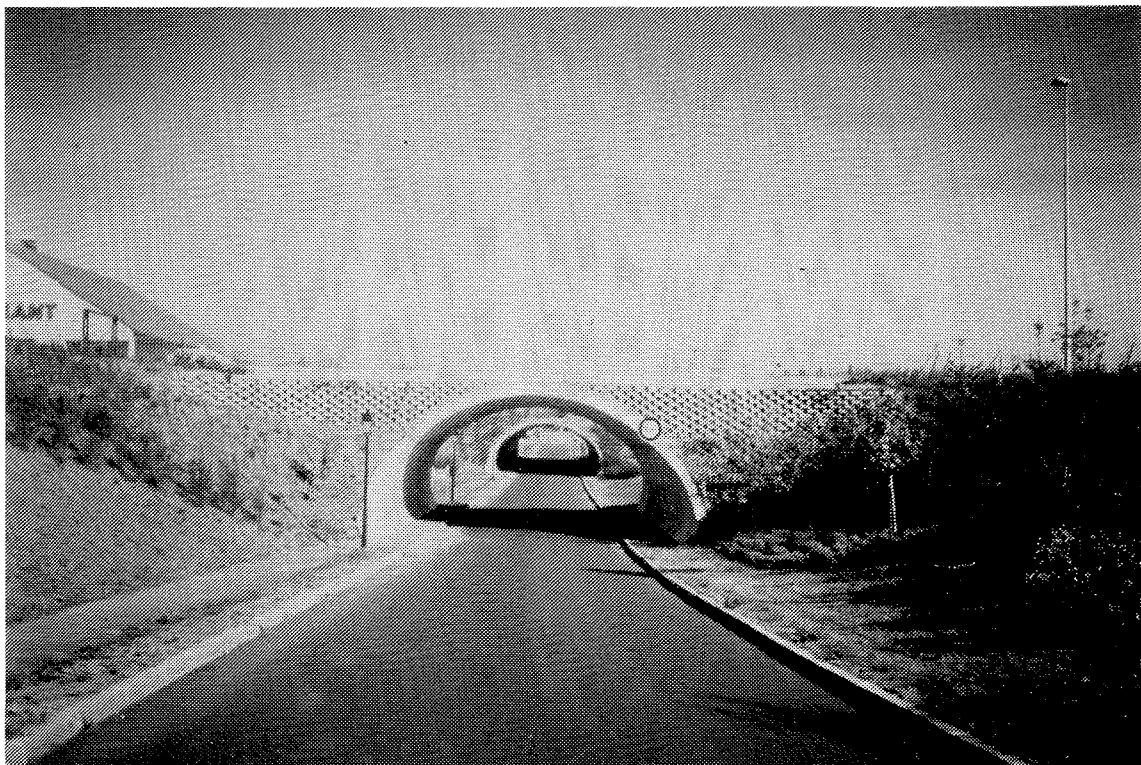


Fig. 4. Veggjennomføringer av betongelementer  
Fig. 5 viser hvordan endeavslutningen er utført.

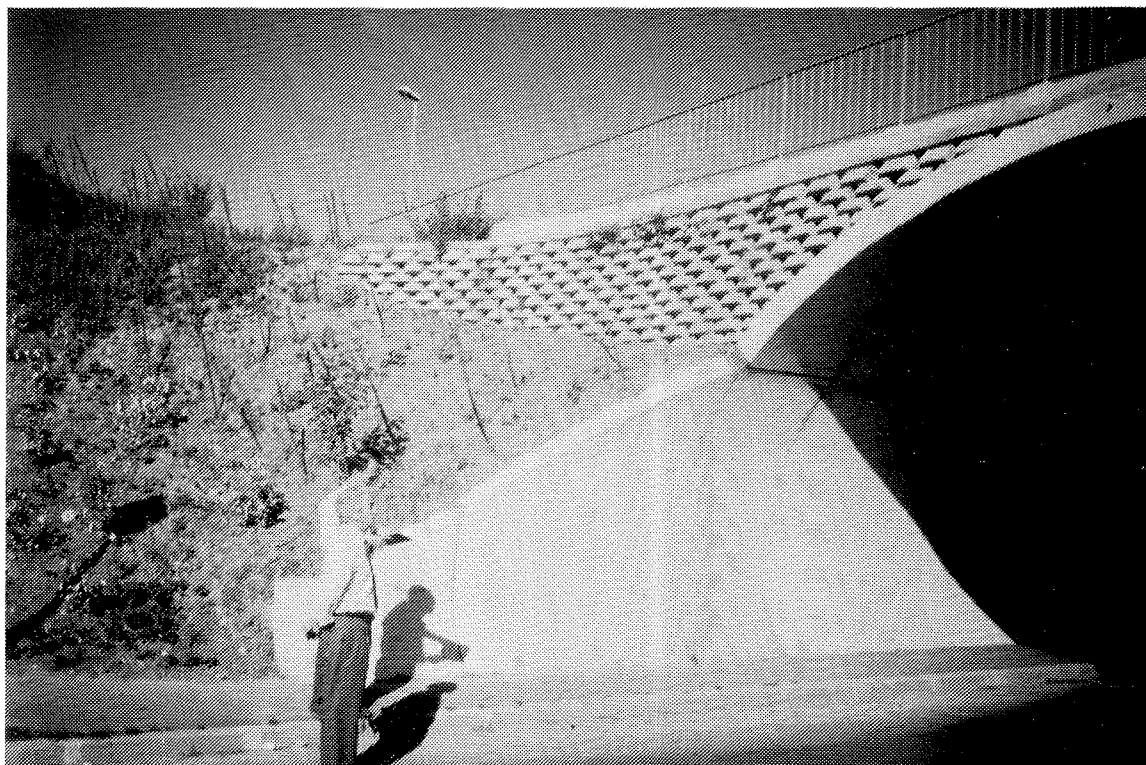


Fig. 5. Endeavslutning

Det er brukt vingemurer med helning 1:1,5 på nedre del, mens øvre del er rett avskjært. På øvre del er overflaten av massene stabilisert med små betongblokker, med mulighet for beplantning mellom blokkene.

Ved den nye de Gaulle flyplassen utenfor Paris var det bygd to Matière-konstruksjoner, en fotgjengerundergang og en dobbel vegtunnel.

Den doble vegtunnelen er vist på fig. 6.

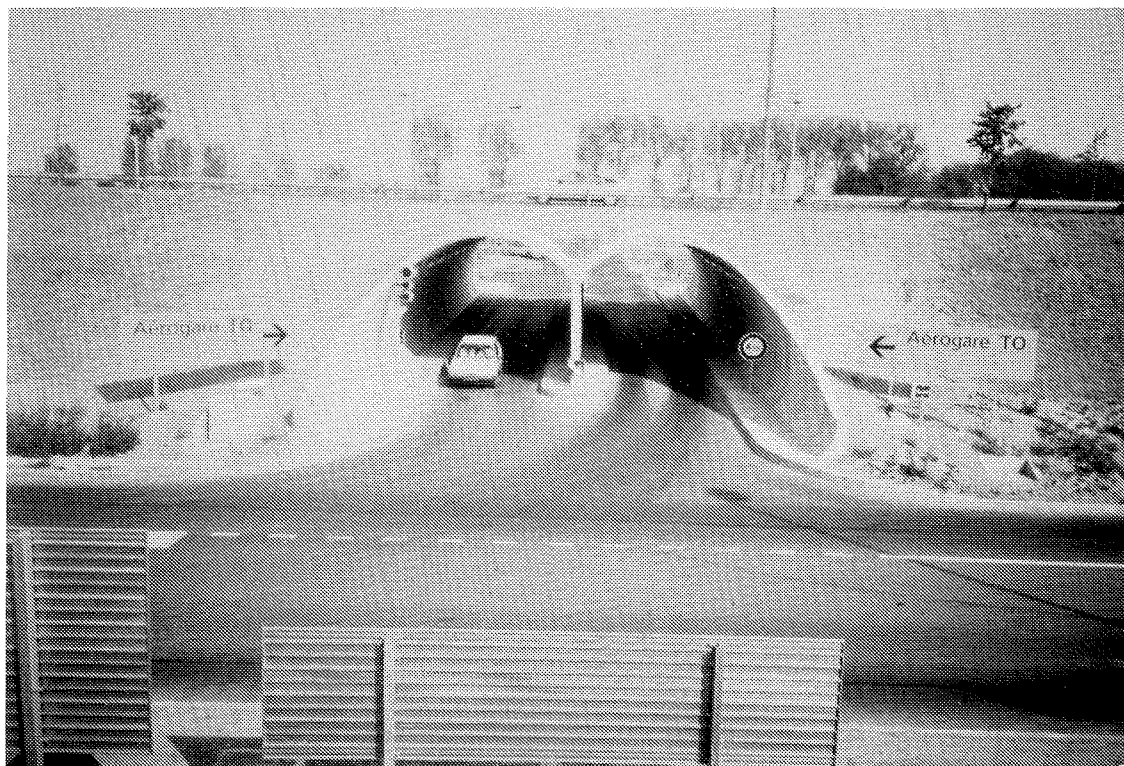


Fig. 6. Dobbelt vegtunnel med betongelementer

En grundig beskrivelse av Matière-metoden er gitt i (1). En orientering på dansk med beskrivelse av dimensjonering etter dansk standard er gitt i (2).

I vedlegg 1 er det gitt en fyldigere beskrivelse av metoden.

#### 2.1.2. Textsol - armering av sand med tekstilfiber

Tirsdag 11. september ble vi hentet på hotellet av Monique Lac fra firmaet TEXTSOL.

Dette firmaet markedsfører bruk av Textsol, som er en blanding av sand og tekstilfiber.

Det brukes 0,1 - 0,2 vektprosent tekstilfiber, som tilsvarer 2-4 kg fiber pr. m<sup>3</sup> sand.

Innblanding av fiber i sandmassene medfører en økning av kohesjonen (attraksjonen) i sanden.

Dette vil i praksis si at den fiberarmerte sanden får strekkstyrke. Kohesjonen øker med 100-300 kN/m<sup>2</sup> avhengig av vektprosent fiber, se fig. 7.

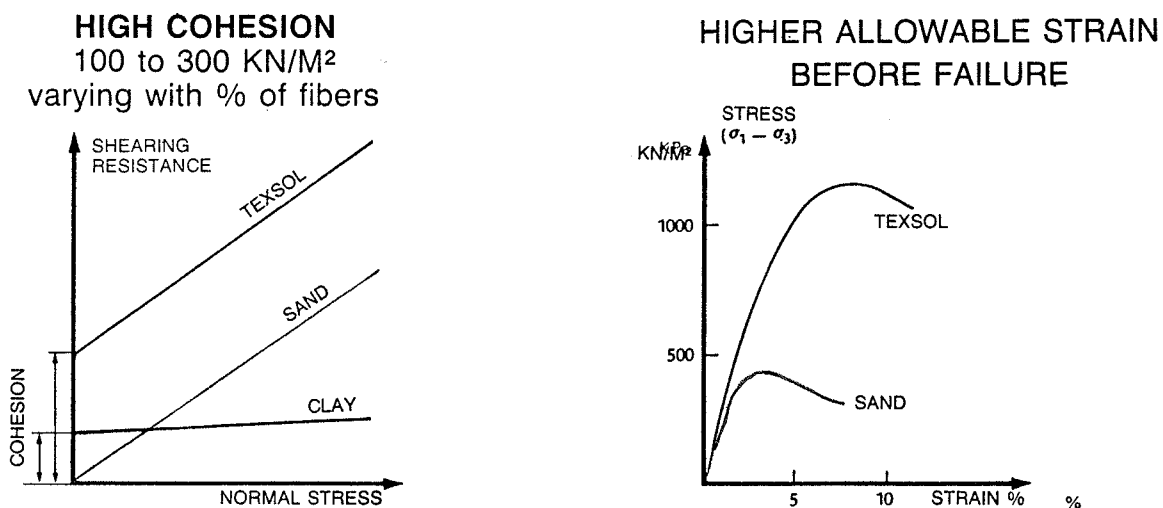


Fig. 7. Forandring av sandens styrke ved innblanding av tekstilfiber (Texsol)

Kurvene til høyre viser at sanden tåler større deformasjoner ved innblanding av tekstilfiber.

Fig. 8 viser sand med innblandet tekstilfiber.



Fig. 8. Texsol-sand med tekstilfiber

Bruksområdet for Texsol er hovedsakelig støttekonstruksjoner, men er også brukt som vibrasjonsdempende materiale.

Metoden ble utviklet ved Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC), som patenterte metoden.

Firmaet Texsol ble opprettet for kommersiell markedsføring av metoden, både i Frankrike og andre land.

Den første lisensavtalen ble inngått med Japan i 1987.

Metoden er til nå brukt på ca. 50 prosjekter i Frankrike.

Det største prosjektet til nå er motorvei A7 sør for Lyon, hvor det ble brukt 44 000 m<sup>3</sup>.

En av de store fordelene ved metoden er at det enkelt kan etableres vegetasjon på konstruksjonene.

Vi fikk oppgitt prisen på Texsol til å være ca. 600-700 kr./m<sup>3</sup>.

Dr.ing. Etienne Leflaive som har stått bak utviklingen av Texsol-metoden ved LCPC, og nå er Teknisk Direktør i Texsol, holdt en orientering om metoden.

Etter en utmerket gjennomgang av metoden, ble vi tatt med for å se på en støttekonstruksjon med Texsol, fig. 9.

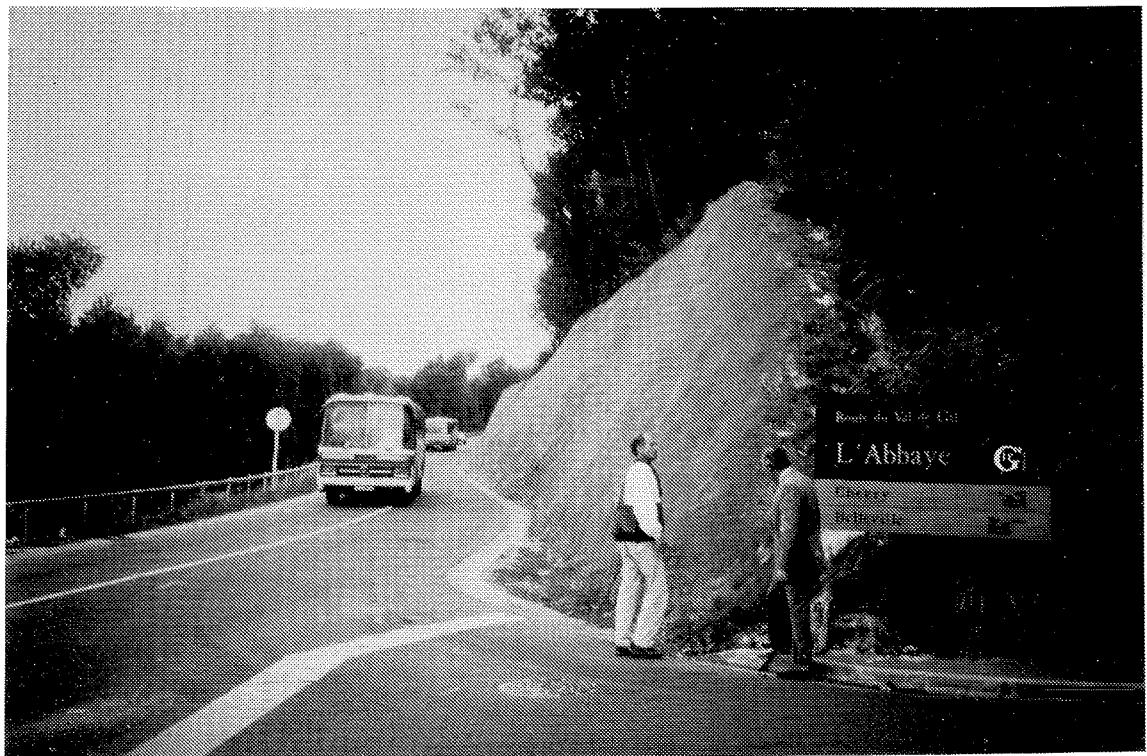


Fig. 9. Støttekonstruksjon med Texsol

Dette var en relativt lang støttemur, opptil 7 m høy og overflaten var dekket med grasvegetasjon. Helningen var ca.  $60^{\circ}$ .

Graset var mere gult og brunt enn grønt, men det ble hevdet at dette skyldes en ekstremt tørr sommer.

Spesielt ett sted på støttemuren lå tekstilfibre helt i overflaten, og det var ikke etablert vegetasjon, se fig. 10.

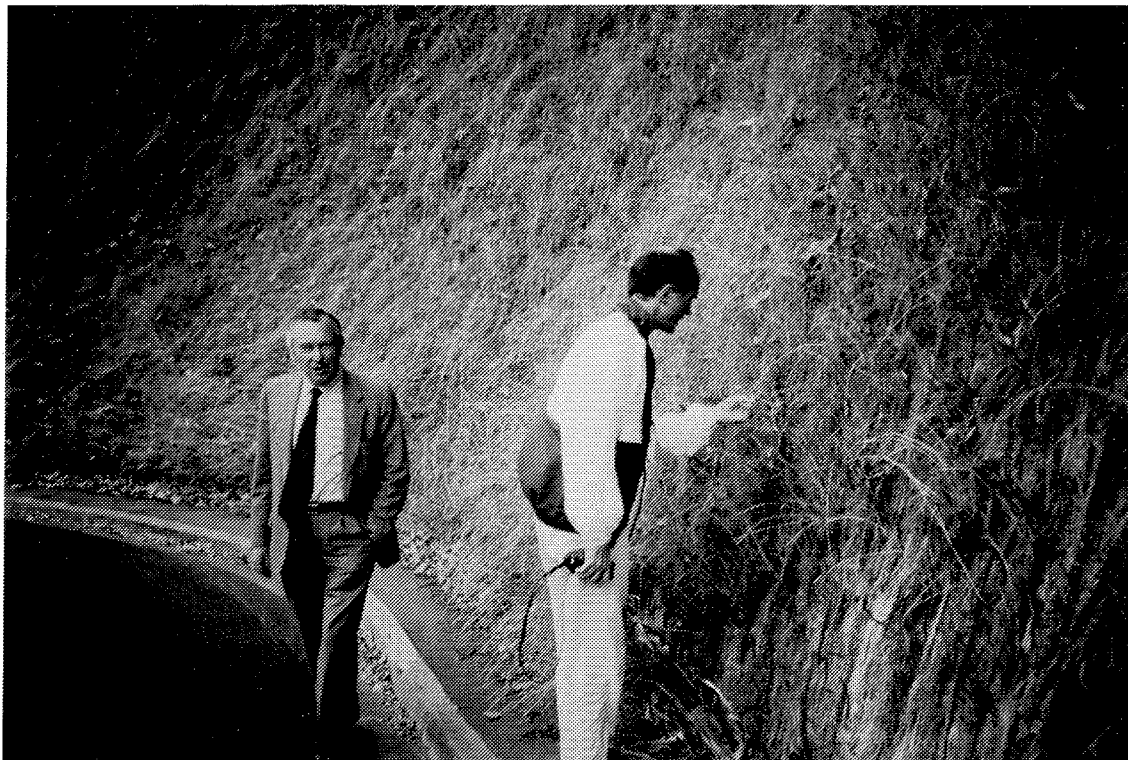


Fig. 10. Tekstilfiber i overflaten på støttekonstruksjon studeres av Svein Hove - Etienne Leflaive fra Texsol til venstre.

Ellers er metoden fleksibel, og kan lett tilpasses kurvatur som vist på fig. 11.



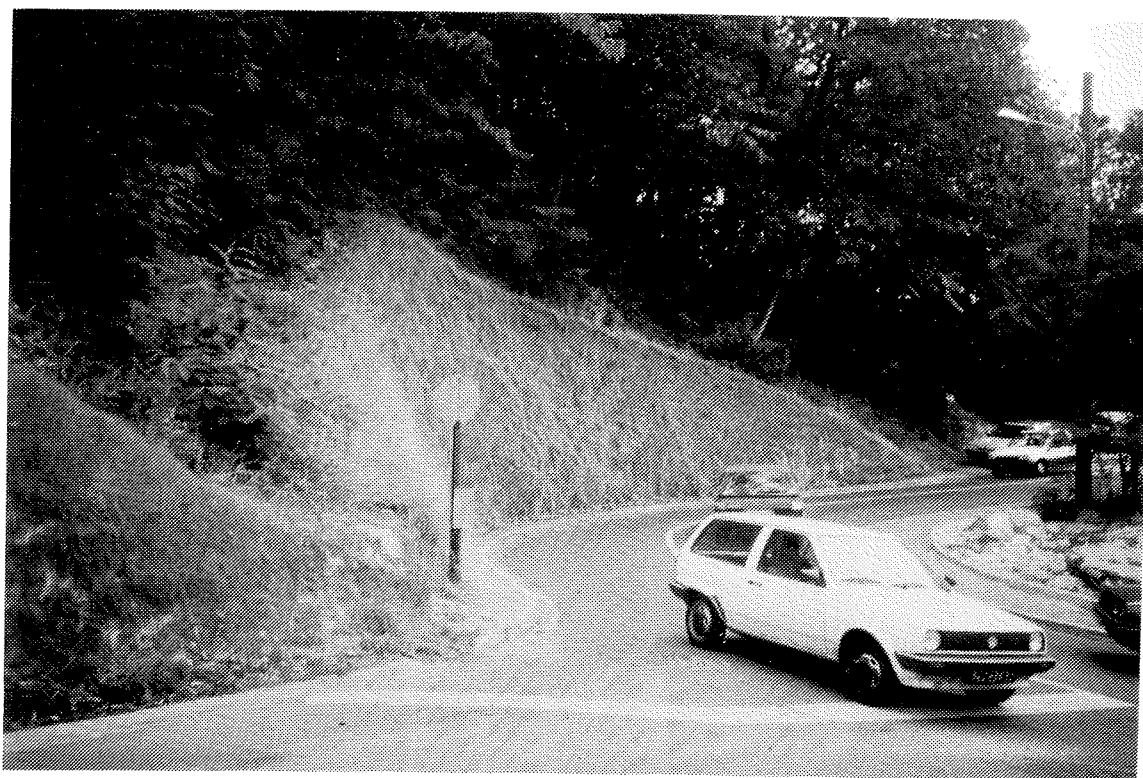


Fig. 11. Texsol-støttekonstruksjon i kurve

En grundig beskrivelse av metoden finnes i (3).

I vedlegg 2 er det vist flere eksempler.

### 2.1.3. Terratrel - jordarmering med stålstrips og grasfront

Onsdag 12. september besøkte vi hovedkontoret til Terre armée, og ble tatt vel i mot av markedsdirektør Jean-Pierre Jeanpaul.

I Norge har vi bygd flere konstruksjoner av armert jord etter prinsippet til Terre armée: Betongpaneler og jordarmering med stålstrips.

Den hittil største i Norge ble bygd høsten 1990 på Rv. 4 ved Gjøvik, en støttemur med maks. høyde 12 m.

Ved det nye Terratrel-systemet til Terre armée brukes fortsatt galvaniserte stålstrips som jordarmering.

Forskjellen til det gamle systemet ligger i fronten, hvor betongpanelene er byttet ut med et stålnett, se fig. 12.

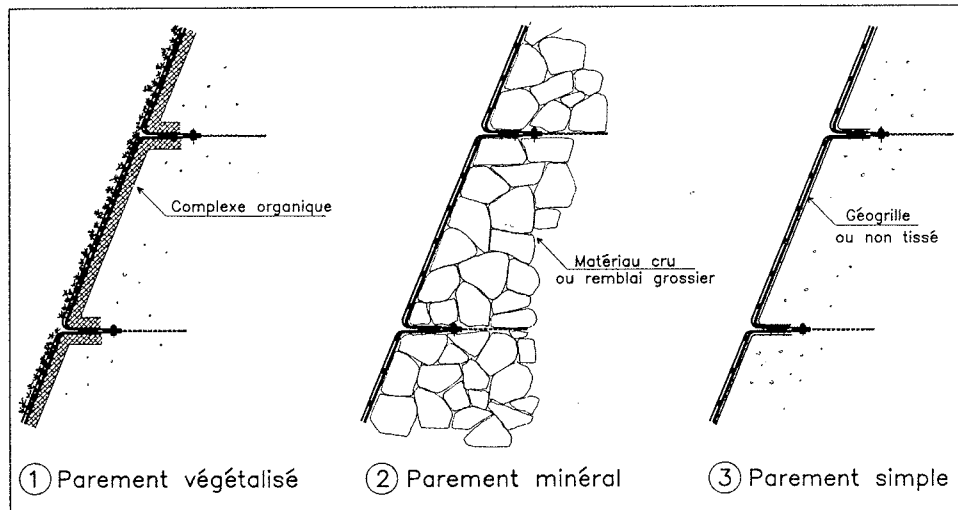


Fig. 12. Terratrel systemet

Stålnettet i fronten fungerer som forskaling ved bygging av muren.

Vegetasjon kan etableres ved å sprøyte på en blanding av gressfrø og gjødsel (Hydroseed), eller å bruke matter med gressfrø bak stålnettet.

Ved bruk av drenerende friksjonsmasser må det stilles spørsmål om det i det hele tatt er mulig å opprettholde et fuktig klima som grunnlag for vegetasjon.

Systemet er såpass nytt at en ennå ikke har noen erfaring med holdbarhet av vegetasjon på fronten.

En annen mulighet er å bruke grov grus/stein i fronten slik at muren får utseende lik en gabion mur. Det forutsettes da brukt galvanisert stålnett.

Nærmere detaljer om Terratrel metoden finnes i (4).

Hovedkontoret til Terre armée ligger i den nye bydelen la Defense i Paris.

I la Defense ligger det imponerende byggverket la Grande Arche.

Dette er en åpen monolittisk kube med sidekanter på 112 m, se fig. 13.

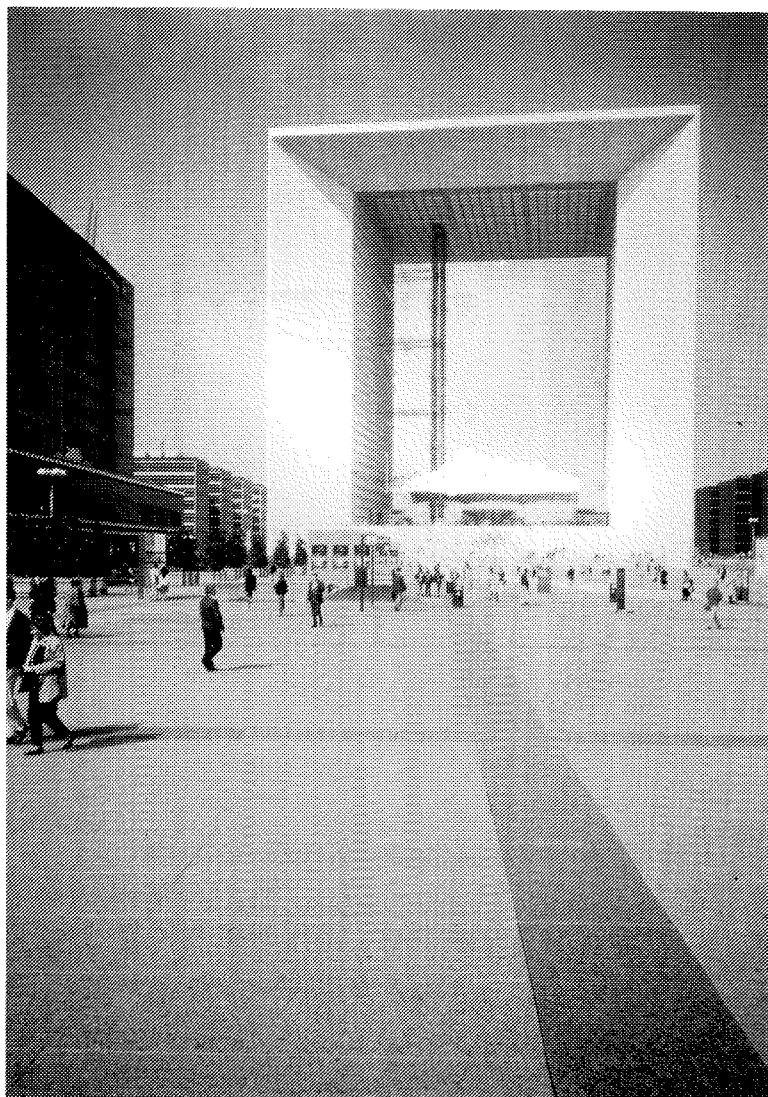


Fig. 13. La Grande Arche

Det åpne rommet i kuben er stort nok til å romme Notre Dame katedralen.

La Grande Arche ble tegnet av den danske arkitekten Johan Otto von Spreckelsen, som vant arkitektkonkurransen i 1982.

Sideveggene som rommer 87000 m<sup>2</sup> med kontorer, huser blant annet det franske Vegdirektoratet.

Det ble vist en film om bygging av la Grande Arche, hvor det gikk fram at bygget veier 300 000 tonn og er fundamentert på 12 store betongpillarer.

#### 2.1.4. Pneusol - bildekk i geoteknikk

Fredag 14. september besøkte vi Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) i Paris. Denne institusjonen tilsvarende Veglaboratoriet i Norge.

LCPC har vært helt sentrale ved utvikling og anvendelse av armert-jord teknikken i Europa, i tillegg til Transport and Road Research Laboratory (TRRL) i England.

Vi fikk først en generell gjennomgang av aktivitetene ved LCPC av Teknisk Direktør Jean-Pierre Magnan.

Vi diskuterte også bruk av ekspandert polystyren (EPS) i vegbygging.

LCPC har utarbeidet en veiledning for bruk av EPS, hvor erfaringene fra Norge er brukt i stor grad.

Det er nå bygd en rekke EPS-fyllinger i Frankrike, og erfaringene med metoden er gode. Prisen på EPS er noe høyere i Frankrike, ca. 600 kr./m<sup>3</sup>.

Resten av dagen ble avsatt til orientering og diskusjon med Nguyen Thanh Long, som har lang erfaring med armert jord og står bak utvikling av Pneusol (Tyresoil)-metoden.

Denne metoden ble utviklet i 1976-78 og materialet består av brukte bildekk og jord.

Brukte bildekk utgjør et stort miljøproblem i Frankrike, og hvert år oppstår en mengde på 450 000 tonn bildekk.

Totalt i Europa er mengden anslått til over 2 millioner tonn årlig.

På grunn av at bildekkene har meget lang levetid, over 150 år, og har gode mekaniske egenskaper, er de godt egnet som konstruksjonsmateriale.

Samtidig som en får et rimelig konstruksjonsmateriale med lang levetid, får en også redusert et betydelig miljøproblem.

Stedlige masser kan vanligvis brukes og store kostnadsbesparelser kan oppnås i forhold til tradisjonelle metoder.

I Frankrike har metoden blitt brukt til følgende formål:

- Armert jord støttemurer
- Avlastning på betongtunneler (hvelvvirkning)
- Erosjonssikring i skråninger
- Lette fyllinger
- Rasvoller
- Reduksjon av jordtrykk på betongstøttemurer

Dekkene legges horisontalt og kan enten brukes hele eller delt.

En omfattende beskrivelse av metoden finnes i (5).

I vedlegg 4 er det vist eksempler på bruk av metoden, og også en liste over de prosjekter som er bygd fram til 1990, totalt over 60 konstruksjoner.

Ifølge en rapport utarbeidet for Statens Forurensningstilsyn, (6), oppstår det årlig 25000 tonn bildekk som avfall i Norge, og mengdene vil anslagsvis øke med 50 % fram mot år 2000.

Dagens reelle deponeringskostnad er beregnet til 5 kr./personbildekk. Samfunnsøkonomisk sett kan det forsvares at bildekket samles inn til sentral behandling.

Brukte bildekk utnyttes i minimal grad i dag, og er et problem i avfallsfyllinger fordi de "flyter opp" og er vanskelig å komprimere.

Ifølge SFT bør bruken av brukte bildekk økes.

Ved bruk av bildekk i vegbygging i Norge kan vi bidra til å løse et miljøproblem og samtidig få et rimelig konstruksjonsmateriale.

Ved utførelse av et prosjekt i Norge vil LCPC kunne bistå med rådgiving. Et stort antall prosjekter er nå gjennomført i Frankrike, og erfaringene med metoden er meget bra. Metoden er også brukt i USA og Storbritannia.

## 2.2. SVEITS

### 2.2.1. Textomur - graskledde armert jord støyvoller og støttemurer

I Vegdirektoratets miljøutredning er det gjort oppmerksom på støyskjermenes svakheter.

Ved bruk av armert jord er det mulig å bygge beplantede støyvoller uten at det krever for mye areal, (7).

Støyvoller av armert jord kan være et meget interessant teknisk og økonomisk alternativ til konvensjonelle støyskjermer. Tradisjonelle støyskjermer er ofte kostnadskrevenende, og vanskelige grunnforhold kan gjøre løsningene enda dyrere. Det er eksempler på at tradisjonelle støyskjermer har kostet 50-70 000 kroner pr. bolig.

Hittil har det vært krav om bruk av telefrie masser i støttekonstruksjoner av armert jord. Ved eventuell

bruk av stedlige masser med varierende finstoffinnhold, kan konstruksjonene bli virkelig økonomisk attraktive. Forskjellige konsepter er vurdert av Veglaboratoriet i samarbeid med norske leverandører av armert jord. Et av de vanskeligste problemene med disse bratte vollene er å etablere vegetasjon.

Et av de mest lovende konseptene er det såkalte Textomur-systemet. Dette konseptet består av tre deler: jordarmeringsduk, vegetasjonsduk og armeringsnett av stål, se fig. 14.

Armeringsnettet av stål fungerer som en slags forskaling ved oppfylling av massene, og har sin funksjon bare i byggefasen. Som armeringsnett kan brukes norskprodusert armeringsstål. Oppbygging av en støttekonstruksjon av armert jord med bruk av stålarmertnett som forskaling er tidligere utprøvd i regi av Vegkontoret i Akershus. Dette fungerer meget bra.

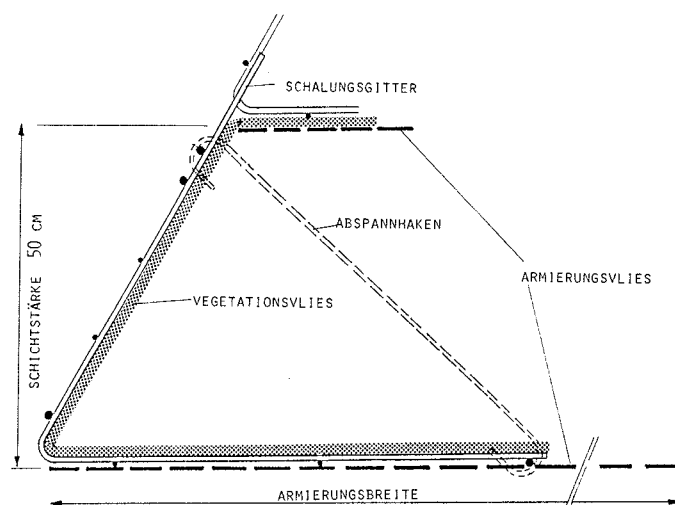


Fig. 14. Armert jord etter Textomur-systemet

Vegetasjonsduken fungerer som erosjonsbeskyttelse og underlag for grasblandingen. Som jordarmeringsduk brukes norskprodusert geotekstil fra Televev. Selve prosessen med å få vegetasjonen til å sitte og vokse relativt raskt, bygger på flere års erfaring fra Sveits.

Denne løsningen er miljøvennlig i det den virker støydempende, samtidig som graset vil absorbere forurensning fra vegtrafikk.

Jeg ankom Zurich om morgenen den 7. november, og ble møtt på flyplassen av Louis Müller fra Textomur.

Det er en rekke Textomur prosjekter rundt Zurich, og vi besøkte noen av disse.

Den første var en 10 m høy støttekonstruksjon for Sihltahl-banen utenfor Zürich, fig. 15.

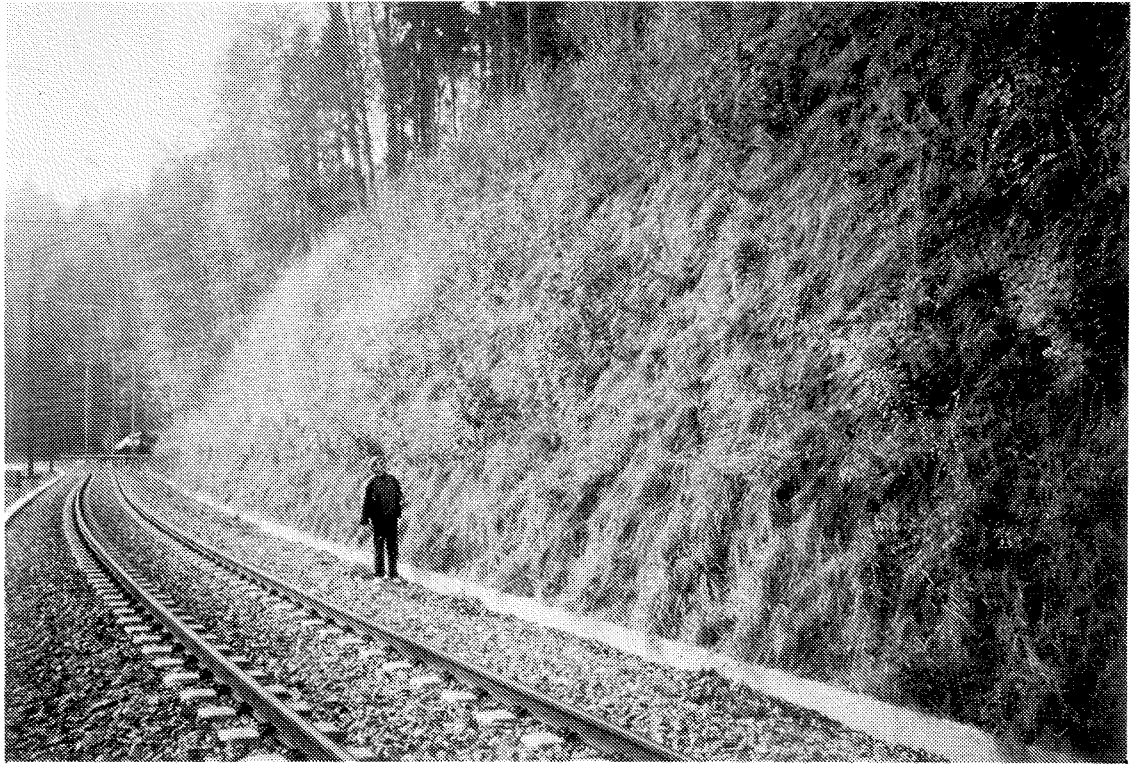


Fig. 15. Graskledd støttekonstruksjon for Sihltahlbanen utenfor Zürich.  
Louis Müller fra Textomur foran

Arealet var 850 m<sup>2</sup> og det var tett grønn vegetasjon på denne støttemuren.

Støttemuren ligger i et populært utfartsområde med mye skog, og de var opptatt av estetikken på støttemurene. Denne muren ble bygd i 1987.

På motorveien mellom Zürich og St. Gallen var det bygd en rekke støyvoller etter Textomursystemet, fig. 16.



Fig. 16. Støyvoll med vegetasjon etter  
Textomursystemet

Det var også en støyvoll under bygging, fig. 17.

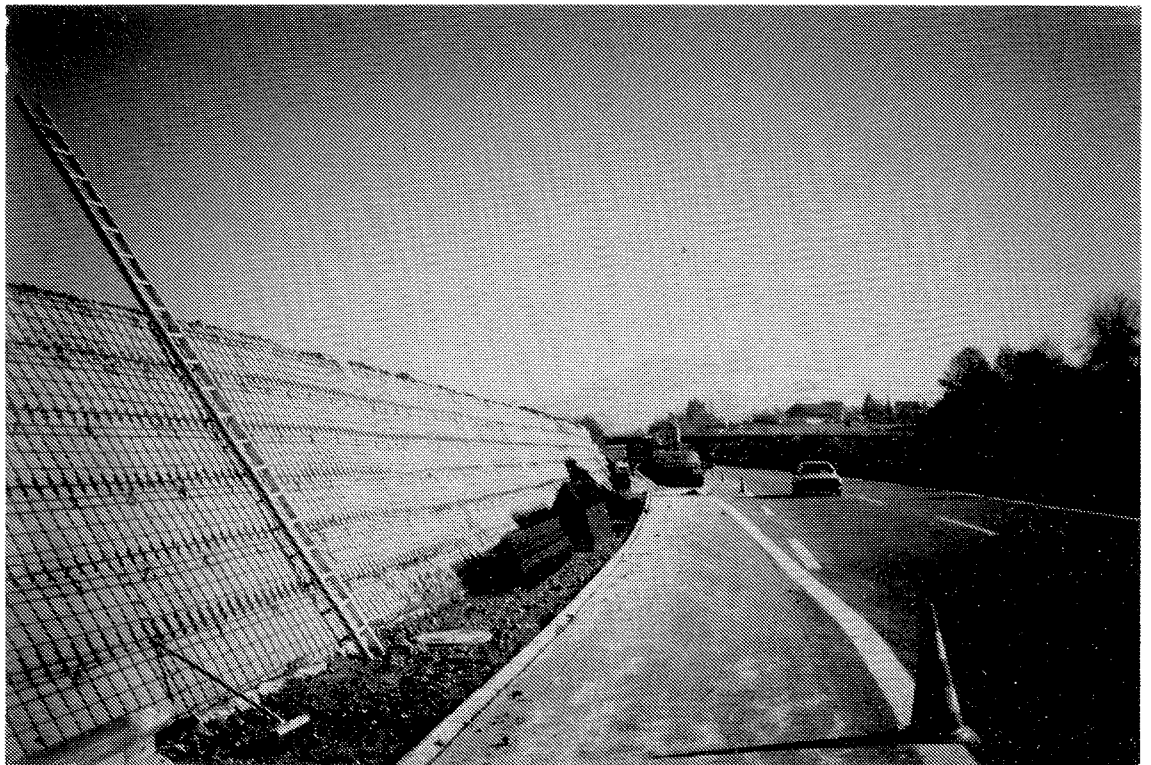


Fig. 17. Støyvoll under bygging



Det ble brukt stedlige telefarlige masser, og resultatet ble en rimelig støyvoll med fint utseende. Høyden på støyvollen var fra 3 til 4 m.

Det ble lagt stor vekt på støyabsorpsjon i den graskledde overflaten, og i tillegg til utseendet var dette hovedargumentet fremfor bruk av støyskjerm.

Vi så også på en støyvoll under bygging i St. Gallen. Ferdig ville den få en lengde på ca. 4 km.

Den 8. november besøkte vi det rådgivende ingeniørfirmaet Ruegger AG, og fikk en gjennomgang av armert jord. PC-programmer for armert jord beregninger ble demonstrert.

Lederen av firmaet: R. Ruegger, er en av de 3 forfatterne til den omfattende sveitsiske Geotekstilhåndboken (8).

Den 9. november om ettermiddagen reiste vi til den lille landsbyen Morcote ved Lugano-sjøen mot grensen til Italia.

På veien dit stoppet vi og besøkte geotekstilfabrikken Landolt i Naefels, som produserer geotekstilene til Textomur systemet. Dette er den eneste produsenten av geotekstiler i Sveits, og de lager en rekke produkter til vegbygging.

Produksjonsprosessen av geotekstiler ble gjennomgått i detalj, og dette var meget interessant. Kvalitetskontroll av ferdige produkter ble også vist.

Den 10. november reiste vi over grensen til Italia for å se på to prosjekter.

Det første prosjektet var en utvidelse av motorveg, fig. 18.



Fig. 18. Textomur brukt ved utvidelse av motorveg i Italia

Denne muren var ca. 6 m høy og hadde tett fin vegetasjon.

Det andre prosjektet lå i Stresa, og ble bygd i forbindelse med en ny autostrada i Italia, fig. 19.

Denne armert jord muren var totalt 55 m høy, og er trolig verdens høyeste armert jord konstruksjon.

Konstruksjonen er bygd i en høy skråning ved portalene til to fjelltunneler, fig. 19.



Fig. 19. 55 m høy armert jordkonstruksjon med vegetasjon i Stresa

Det måtte iverksettes tiltak på grunn av dårlig overflatestabilitet i skråningen, og armert jord med vegetasjon ble valgt.

Konstruksjonen ble bygd i trappetrinn, og byggetiden var kort.

Kort byggetid var et viktig moment med stabilisering av skråningen, og resultatet ble meget bra.

Noen nærmere detaljer om Textomur systemet er vist i vedlegg 5.

#### 2.2.2. Evergreen - støttemurer av betongelementer med beplantning

Den 9. november på morgenen ble jeg hentet på hotellet i Zürich av Dr. Felix P. Jaecklin.

Jaecklin driver et rådgivende ingeniørfirma i geoteknikk, og har utviklet et støttemursystem med betongelementer.

Jaecklin er også en av medforfatterne til den sveitsiske geotekstilhåndboken, (8), og er en internasjonalt anerkjent ekspert innen fagområdet armert jord.

Dette systemet er patentert under navnet Evergreen, og det er bygd en rekke konstruksjoner i Sveits og også andre land.

En beskrivelse av Evergreen-systemet er vist i vedlegg 6.

Den første konstruksjonen vi så på var en opptil 10 m høy støttekonstruksjon mot en motorveg.

Konstruksjonen var en av Jaecklins stoltheter, og jeg fikk en utfyllende beskrivelse under turen dit hvor fin vegetasjon det var på denne muren.

Da vi ankom muren, så vi til Dr. Jaecklin's store fortvilelse at Vegvesenet nylig hadde beskåret vegetasjonen og hans kommentar var følgende: "Oh, they have shaved it!".



Fig. 20. Støttemur av betongelementer med nylig beskåret vegetasjon

Dette ga meg dog en fin anledning til å studere detaljene i byggesystemet. Betongelementene var helt fri for riss og skader, og det var brukt en mørkere jordfarget sement for at muren skulle harmonisere bedre med omgivelsene.

På det neste prosjektet fikk Jaecklin anledning til å vise en mur med fin vegetasjon. Det var en støttemur som gikk delvis under en bru, fig. 21.

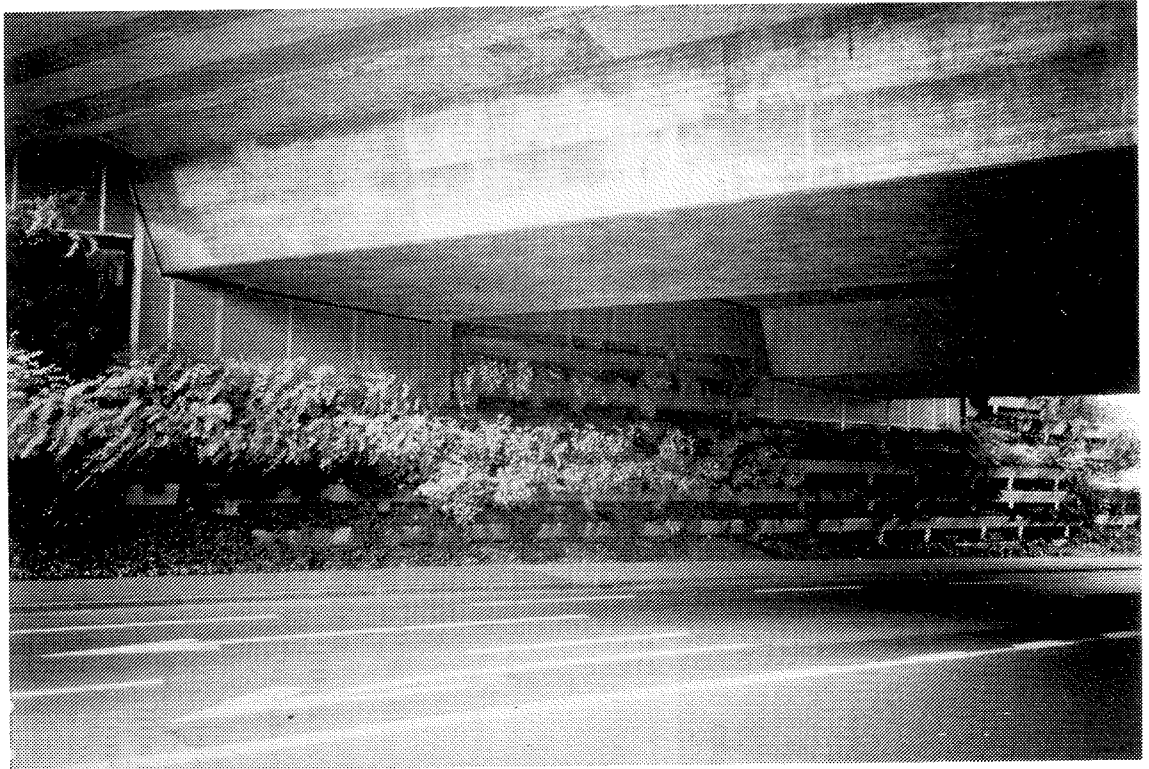


Fig. 21. Støttemur med busker

Denne muren var beplantet med busker.



Fig. 22. Detalj av støttemur med Dr. Felix Jaecklin  
i forgrunnen

Regnvannet fra brua ble ledet ned og brukt til vanning  
av den delen av muren som var under brua.

Den neste muren vi så på var en støttekonstruksjon med  
tett fin vegetasjon, fig. 23.



Fig. 23. Støttemur av Evergreen-systemet  
med vegetasjon

Den siste konstruksjonen vi så på var en stor støyvoll  
ved motorveg, fig. 24.



Fig. 24. Støyvoll av betongelementer

På solsiden kunne vi observere at en del av plantene hadde tørket ut, fig. 25.



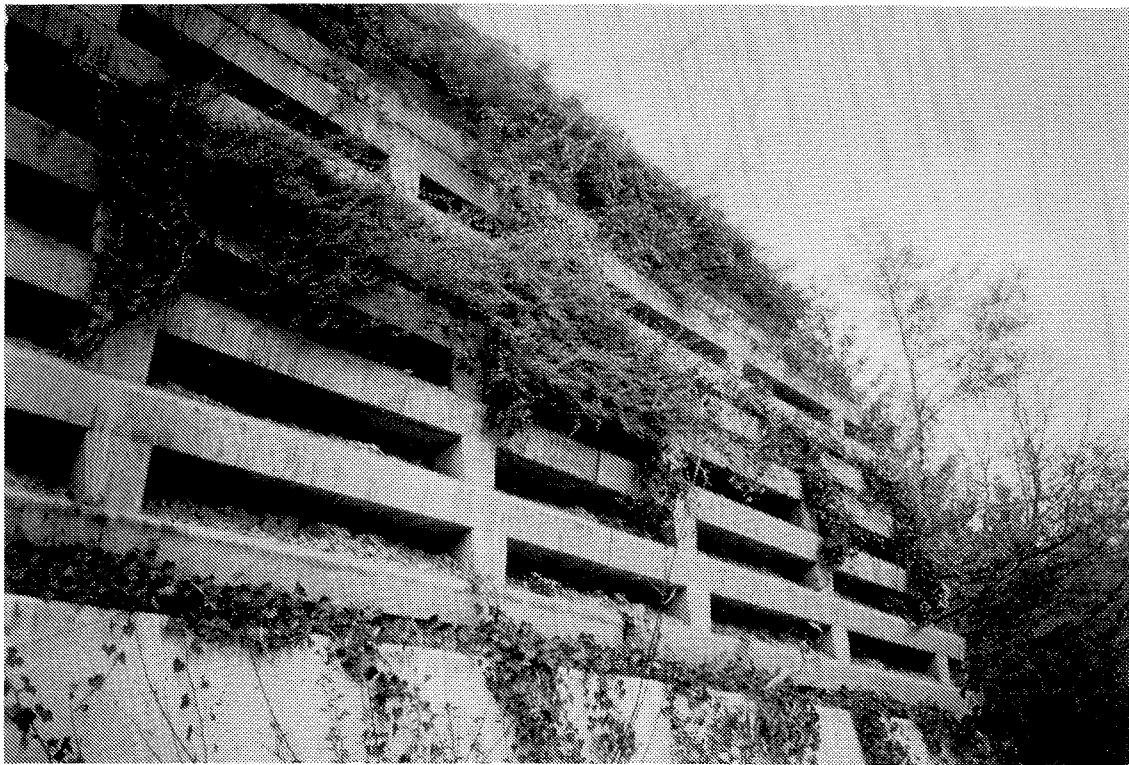


Fig. 25. Detalj av Evergreen støyvoll

Dette hadde trolig sammenheng med at betongen ble oppvarmet i sola og medførte at plantene tørket ut.

Konkurrenten Textomur hadde forøvrig sitt eget navn på dette systemet: Nevergreen!

Nærmere deltajer om systemet Evergreen er vist i vedlegg 6.

Jaecklin har også utviklet egne PC-programmer for beregning av støttemurer.

Programmene ble demonstrert og et eksempel på en beregnet støttemur er vist i vedlegg 6.

### 3. TEKNOLOGIOVERFØRING TIL NORGE

#### 3.1. MATIÈRE - BETONGELEMENTTUNNELER

Denne metoden har et stort potensiale i vegbygging i Norge. I Danmark er det allerede bygget rundt 20 konstruksjoner, alle med mindre tverrsnitt.

I forbindelse med kryssing av ny E6 og eksisterende jernbane på Medby i Nordland ble denne løsningen foreslått som alternativ til en 100 m lang bru.

Tverrsnitt for ny E6 er vist på fig. 26.

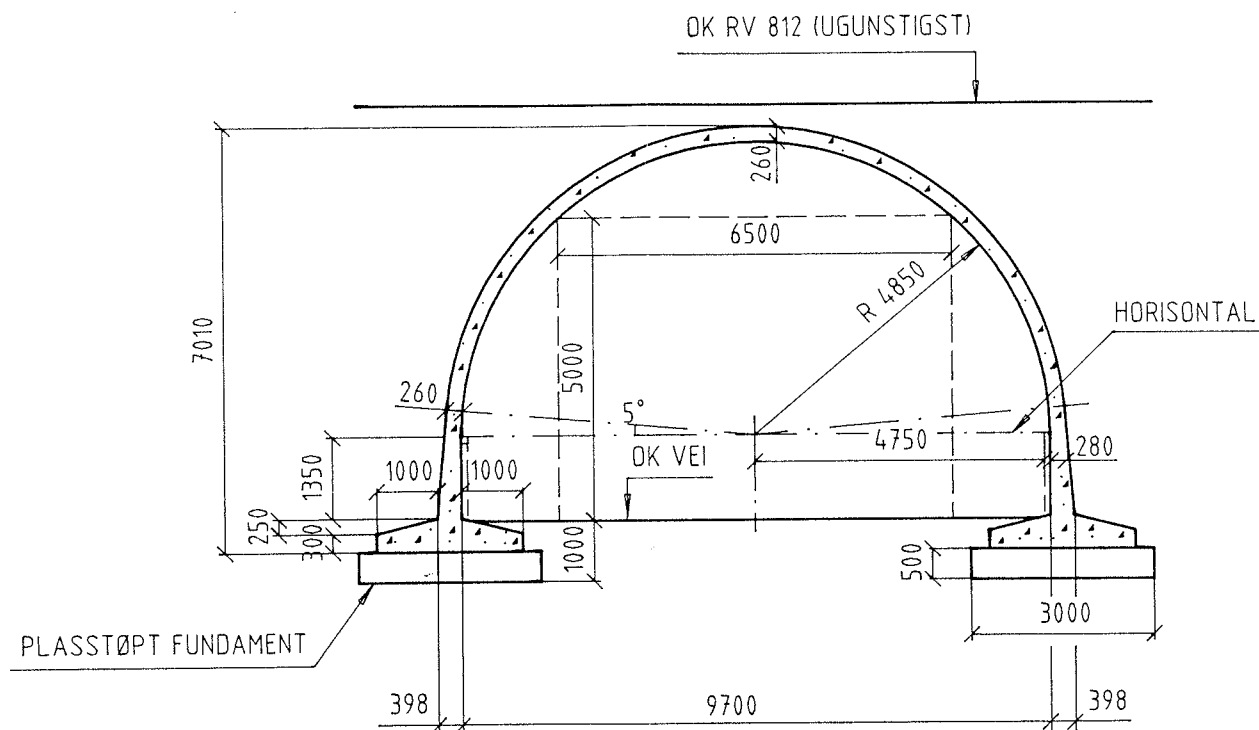


Fig. 26. Matière-tunnel for ny E6  
Medby i Nordland

Tilsvarende tverrsnitt ble også foreslått for NSB.

Bruløsningen krevde pelefundering og ble kostnadsregnet til 7 millioner kr.

Løsningen med to Matière-tunneler er kostnadsregnet til 4 millioner kr., dvs. en besparelse på 3 millioner kr.

Løsningen med Matière-tunneler ble valgt, og byggestart er høsten 1991.

Løsningen er patentert og elementene vil bli produsert på lisens av Østlandske Spennbetong A/S.

Konsulent for betongdimensjonering er Dr. Lars Aadnesen A/S.

I Frankrike er det nylig bygd en jernbanekryssing med samme tverrsnitt som NSB-kryssingen i Nordland, fig. 27.

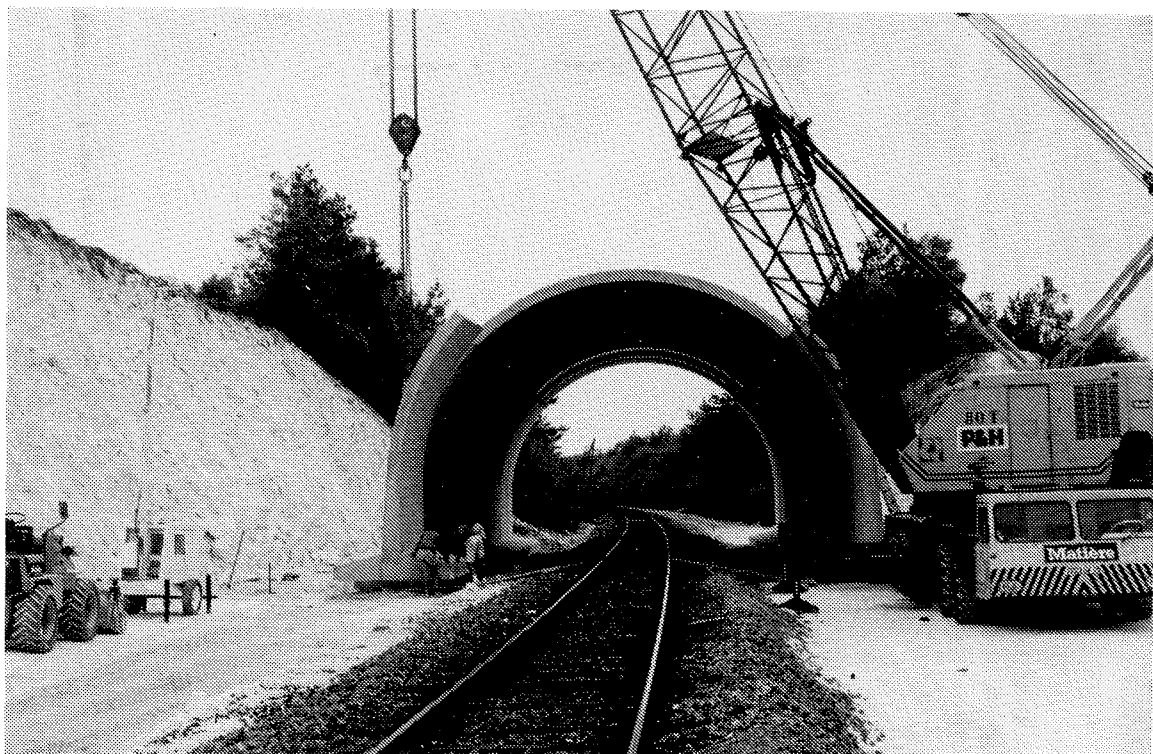


Fig. 27. Matière-tunnel for jernbanekryssing

### 3.2. PNEUSOL - BILDEKK I GEOTEKNIKK

2 millioner bildekk selges hvert år i Norge, og dekk er etterhvert blitt en betydelig forurensningskilde.

Dekkene "flyter" opp i søppelfyllingene og er vanskelig å komprimere.

Miljøverndepartementet har opprettet en arbeidsgruppe som skal finne en ordning for innsamling av brukte bildekk.

Dekkene har lang levetid, minst 150 år. Ved å bruke bildekk i vegbygging får vi et rimelig og holdbart konstruksjonsmateriale, samtidig som vi kan redusere et betydelig miljøproblem.

Lette fyllinger og rasvoller er aktuelle bruksområder.

### 3.3. TEXTOMUR - GRASKLEDDE ARMERT JORD KONSTRUKSJONER

Graskledde støyvoller og støttemurer kan være et anvendelsesområde i Norge.

Ved bruk av stedlige masser vil konstruksjonene bli rimelige.

God lydabsorpsjon og estetikk er viktige momenter ved bruk som støyvoll.

I Rosenkrantzgate i Drammen ble det høsten 1990 bygd en støyvoll etter Textomur-prinsippet, fig. 28.

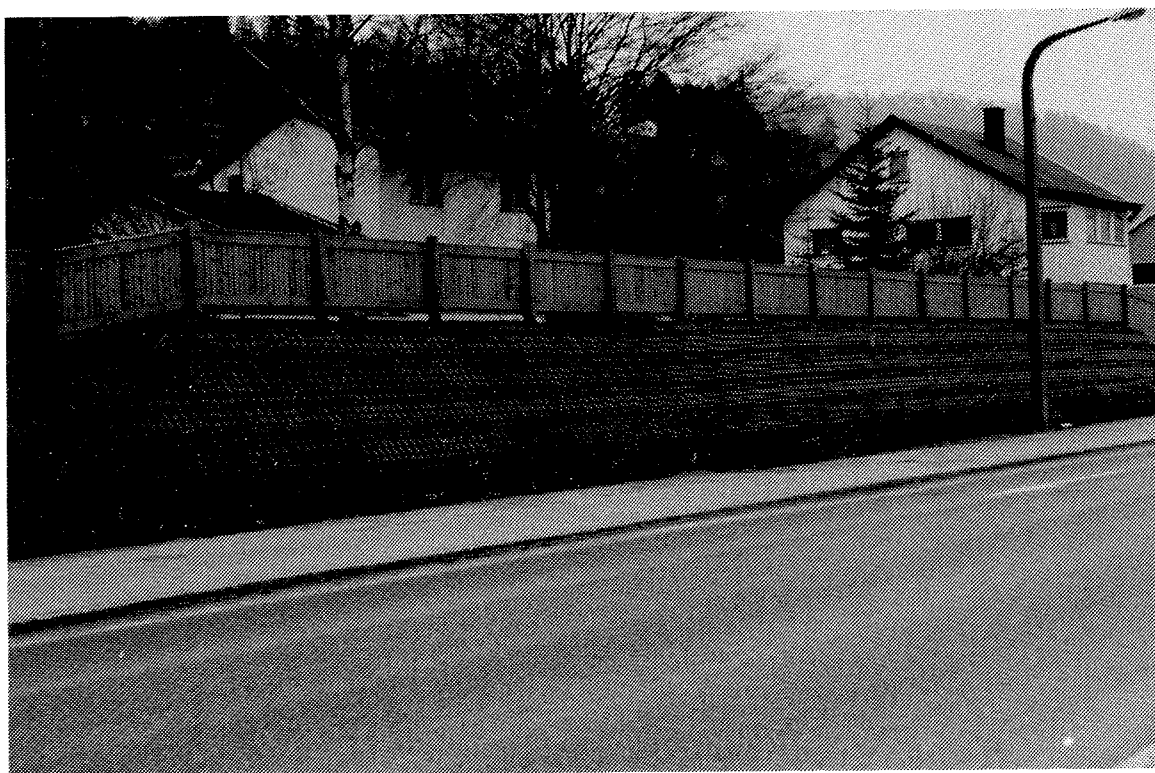


Fig. 28. Støyvoll av armert jord i Drammen

Bildet er tatt før vegetasjon er etablert.

Støyvullen ble bygd av Vegkontoret i Buskerud og erfaringene fra bygging av støyvullen er gode.

### 3.4. EVERGREEN - STØTTEMURER AV BETONGELEMENTER MED BEPLANTNING

Disse støttemurene kan være et bra alternatav til plass-støpte betongmurer og armert jord støttemurer.

Denne metoden er patentert og elementene kan produseres på lisens i Norge.

Spesielt for støttemurer med litt større høyde er dette et solid alternativ, som også er utseendemessig akseptabelt.

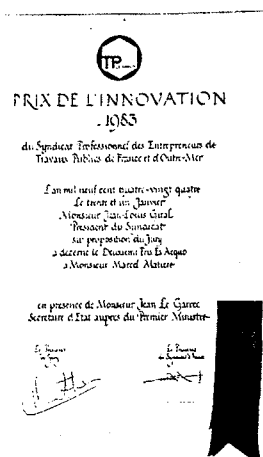
## 4. REFERANSER

- (1) J. Mathivat, P. Kirschner:  
"Un nouveau procédé pour la réalisation d'ouvrages enterrés: le procede Matière", Travaux avril 1987.
- (2) M. Ginnesskov, H. Stokbro:  
"Perstrup Matière tunnel. Statistiske beregninger". Carl Bro A/S, Rådgivende ingeniørfirma, rapport november 1989.
- (3) M. Khay, J.-P. Gigan:  
"Texsol. Ouvrages de soutènement". Guide technique. LCPC-SETRA, mars 1990.
- (4) R.J.H. Smith: "The development of Terratrel for the construction of steep slopes". Proceedings International Reinforced Soil Conference, Glasgow, september 1990.
- (5) N. Thanh Long: "The Pneusol (Tyresoil)", Série géotechnique GT 44, LCPC 1990.
- (6) Statens Forurensningstilsyn: "Brukte bildekk i Norge - problemer og muligheter". Rapport utarbeidet av Berdal-Strømme A/S.
- (7) J. Vaslestad: "Støyvoller av armert jord et viktig alternativ", Våre Veger nr. 9, 1989.
- (8) R. Ruegger, J.E. Ammann, F.P. Jaecklin:  
"Das Geotextilhandbuch", Schweizerischer Verband der Geotextilfachleute", 2. auflage 1988.

# Matière®

since 1932

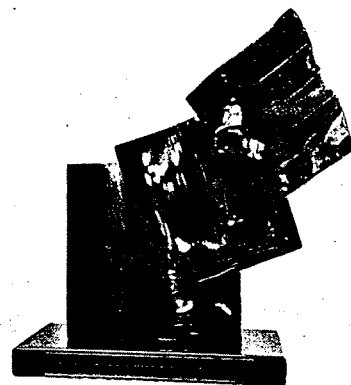
## the performance of innovation



### Public Works Innovation Certificate

*"The MATIERE conduit is designed for crossings under roads, highways and railways. Here is a good example of industrialization in the field of public works..."*

Prize awarded January 31, 1984.



Trophy for innovative company, 1985

Sponsored by the "Fondation du Brevet Français", National Invention Day, November 15, 1985.



Elphege Baude Medal

*"These structures have a built-in aesthetic... They reflect art in building and art in every other sense of the word"*

Professor Jean Doucier  
November 28, 1985

## Originality of the system

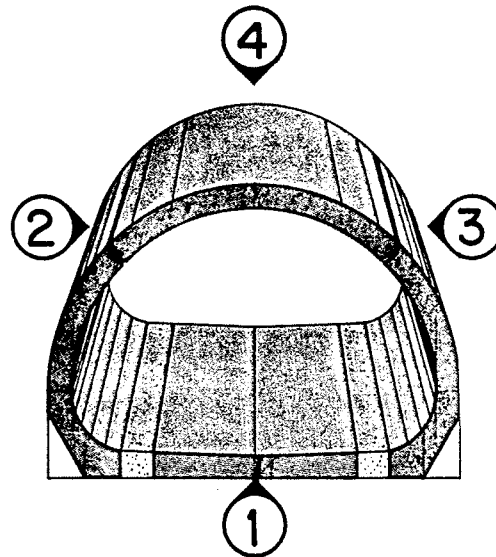
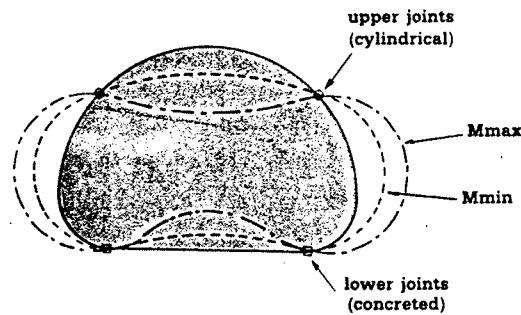
This method for building reinforced concrete structures is a definite technical and cost innovation in comparison with the traditional structures of steel or concrete for similar applications of conduits or crossings. Its originality is the harmonious combination of structural and operating advantages.

- the general vault form provides good mechanical operation
- the wide flat base seats the structure well, increases its hydraulic efficiency and facilitates its backfill
- simple mate fitting of the upper parts simplifies assembly
- the modularity with precast elements :
  - makes it easier to transport these elements
  - divides the weights to be handled
  - reduces assembly time, without scaffolding
  - enables certain adjustments during installation
  - enables better quality control.

## Review of the basic hypotheses

A structure which is balanced in the ground is subjected to certain forces from the weight of the earth (loads which are assessed according to the Marston theory) and forces which are produced by static loads or live loads. Furthermore, the earth opposes structural deformation in the direction of the horizontal plane by exerting thrusts which depend upon the crushing force of this structure. It may be said that the earth acts as a spring.

To simplify, the tangential stresses of the structure are not taken into account.



## Geometry of the structure

The structure is calculated by considering several cases of static loads and live loads.

It can be seen that the various bending moment curves due to normal stresses, when related to annular geometry, give four points of zero value (inverted stress zones) whose position is generally fixed. So the modular separation has been placed in these minimum stress zones.

The structure is composed of 4 self-stabilized elements. The two lower joints are concreted after assembly, thus providing continuous resistance to stresses. The two upper joints remain free (articulations).

## Single arch type ▶

### Structure

The lengthwise operation of a MATIERE structure is "flexible", the independent ring sections follow the ground contour. It is always possible to physically size a MATIERE structure to fit any site which can support the necessary fill.

### Foundation

The seating bed must be homogeneous. The improvement of the compressive strength must be given special care. Drainage is maintained during the assembly phase.

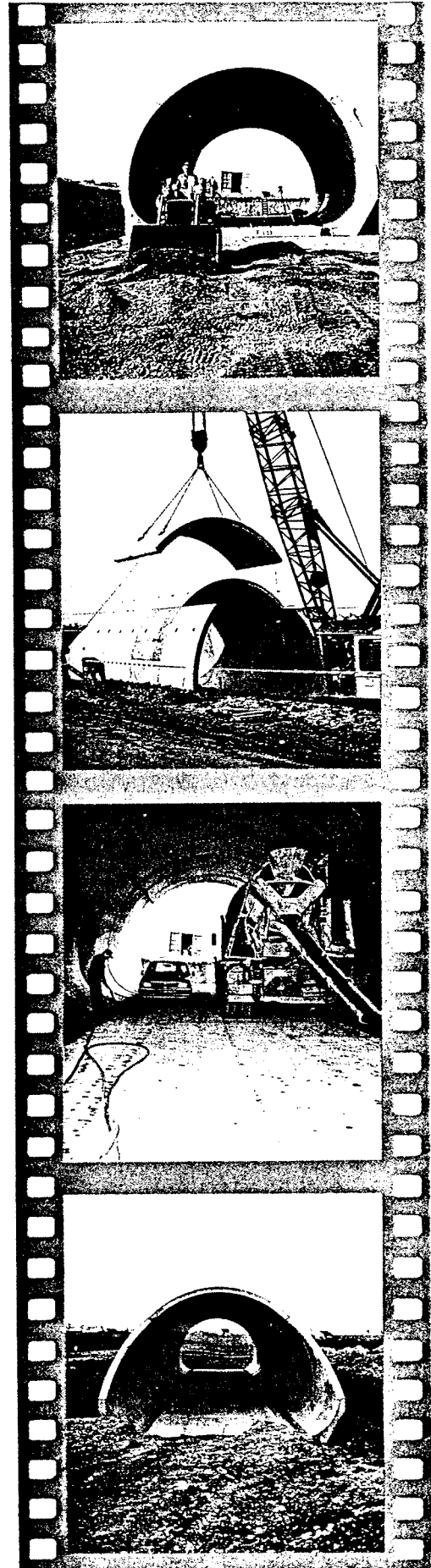
### Assembly

The elements fit together as easily as an "Erector Set". Each element is self-stabilizing. No scaffolding, or provisional support.

### Means

On site, a four man team and a lifting crane are sufficient. A structure 40 m<sup>2</sup> and 45 m long is assembled in ten 8 hour shifts.

A triple arch structure of 3 × 25 m<sup>2</sup>, 42 m long is assembled in twelve 8 hour shifts.





## Multi-arch type ▶

### Fill

The strength of a MATIERE structure makes it possible to use the materials on the site. No particular working restrictions other than the professional practice for adjacent backfilling.

### Structure Ends

The extremities of the structure are built either with precast elements or with conventional masonry or concreting.

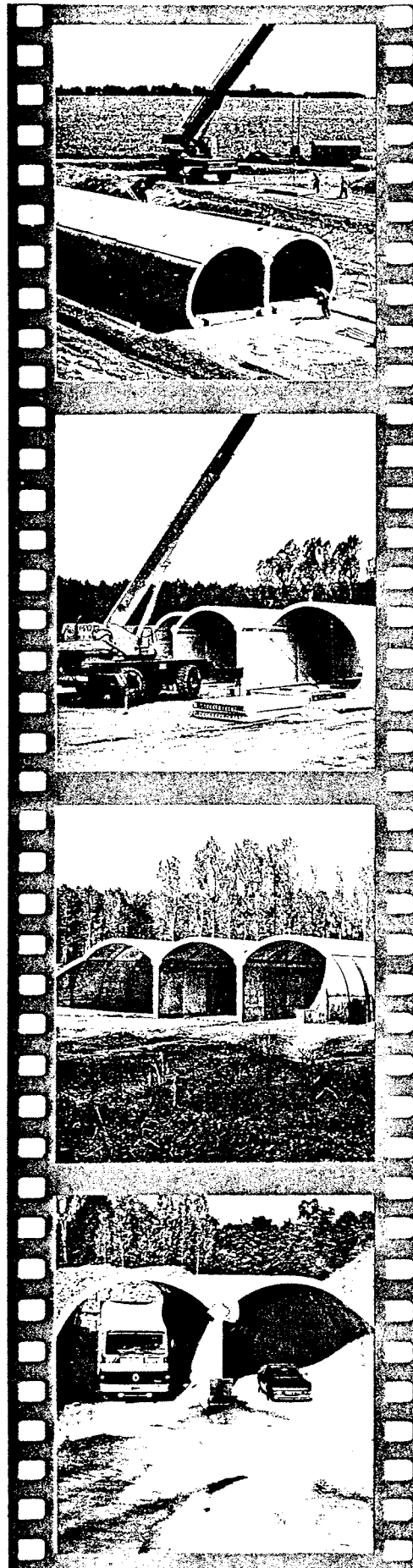
### Leaktightness

Several degrees of leaktightness are possible for the joints, depending upon the function of the structure. The concrete elements are leaktight through their thickness due to the precasting method.

### Non-standard Versions

Technical methods have been designed and applied to meet special conditions :

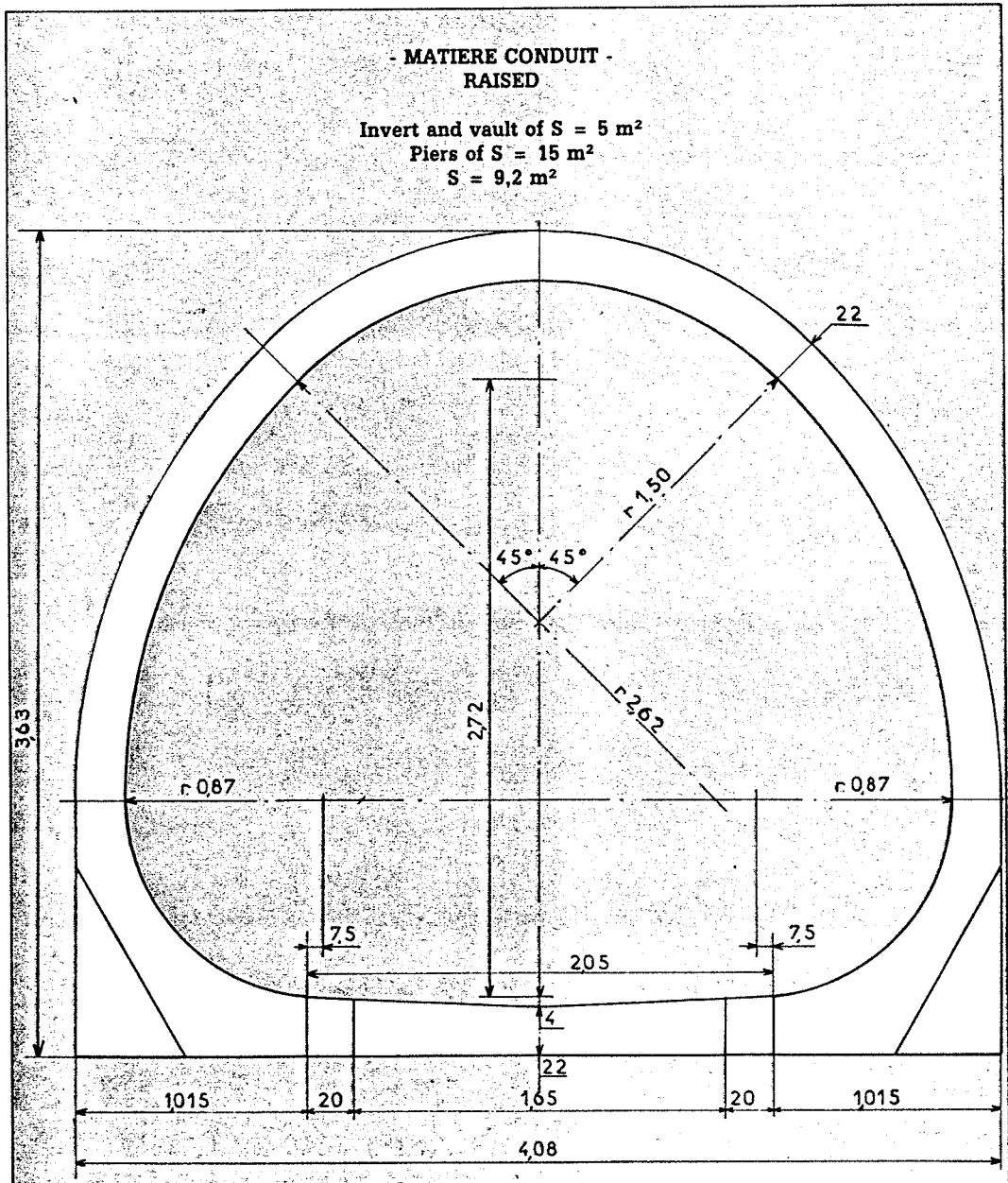
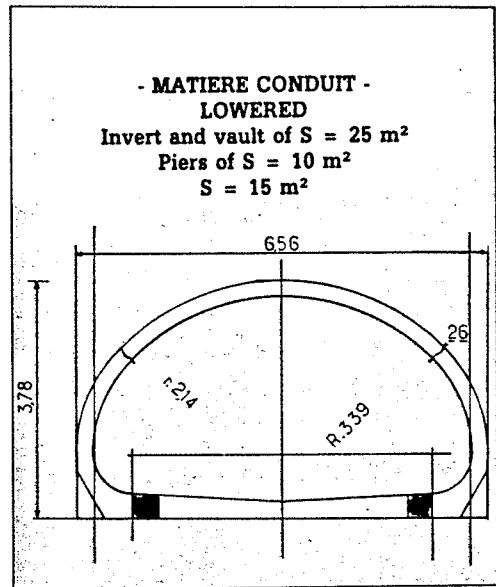
- exceptional fill depth up to 30 m
- reduction of the Marston effect
- foundations on piles
- construction on split roadways.



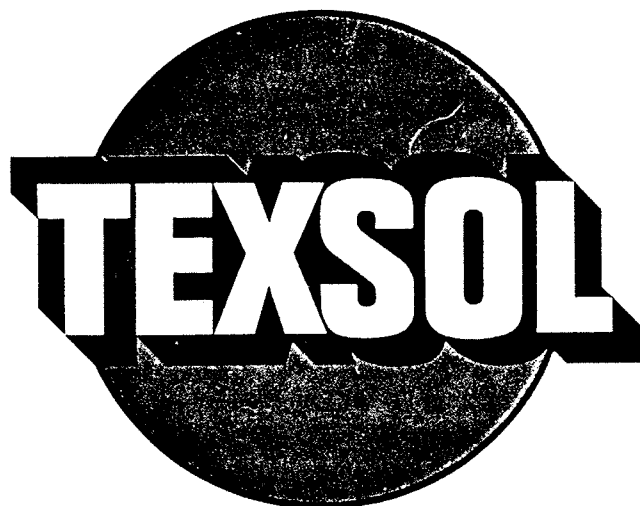
**Combined structures of 4 elements**

Using standard elements, it is possible to combine the piers of one section with the vault and invert of another section to obtain taller or shorter forms to satisfy a maximum number of layouts or clearance profiles.

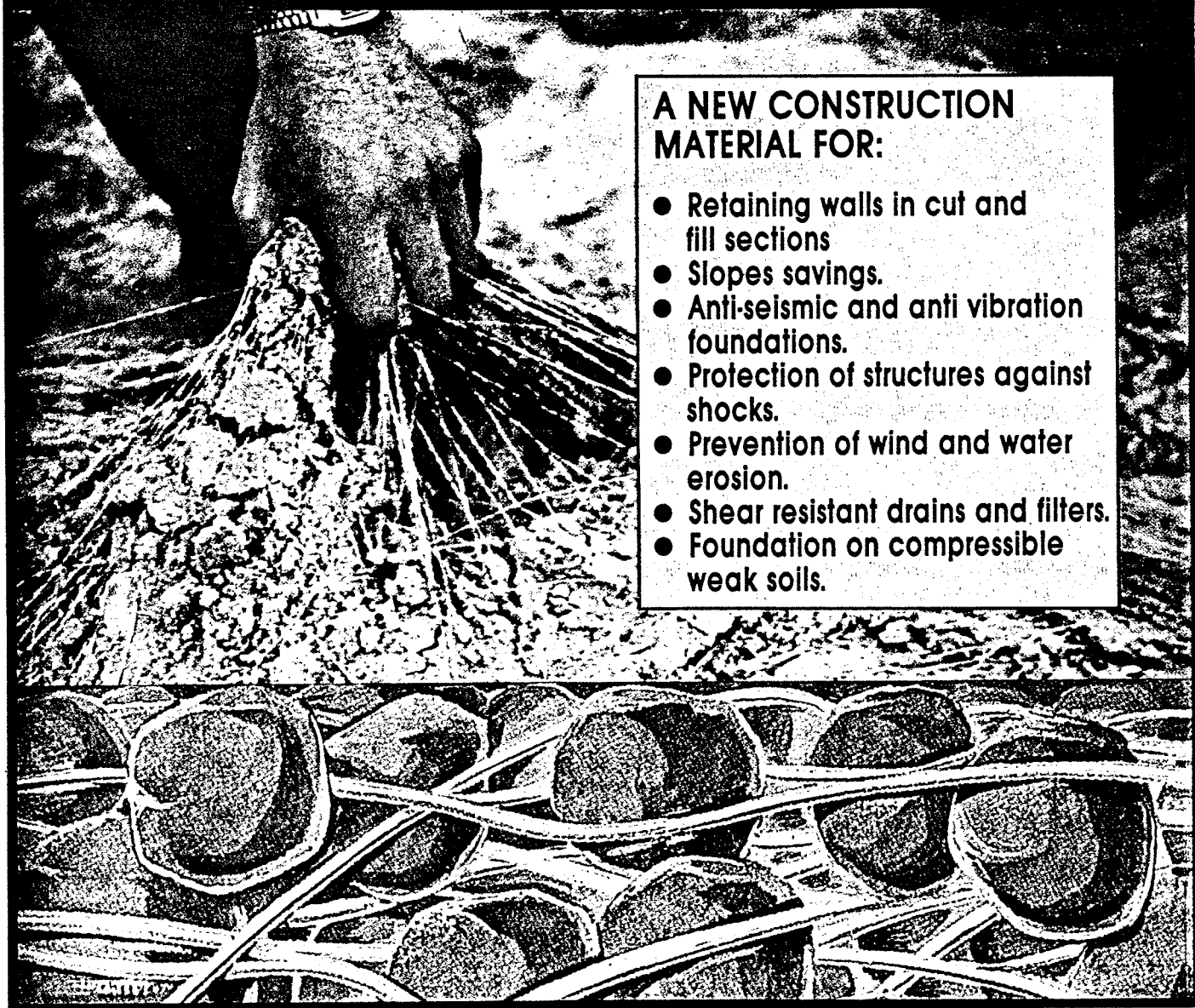
m × (3,28) = ft  
 m<sup>2</sup> × (10,76) = sq.ft







PATENTED BY THE FRENCH BRIDGES AND ROADS RESEARCH LABORATORY (L.C.P.C.)



**A NEW CONSTRUCTION MATERIAL FOR:**

- Retaining walls in cut and fill sections
- Slopes savings.
- Anti-seismic and anti vibration foundations.
- Protection of structures against shocks.
- Prevention of wind and water erosion.
- Shear resistant drains and filters.
- Foundation on compressible weak soils.

**SOCIÉTÉ D'APPLICATION DU TEXSOL**

SACLAY • ESSONNE • B.P. 54 • 91401 ORSAY CEDEX • FRANCE • TÉL. : (1) 69 85 30 15  
TÉLEX : 602 538 F • TÉLÉCOPIE : 69 85 30 33

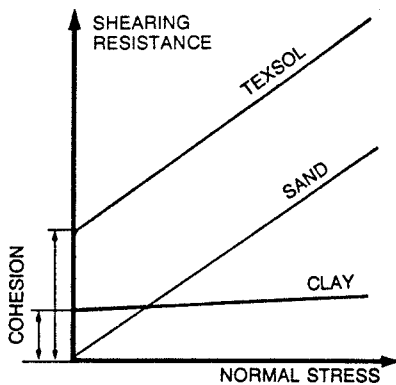


## THE MATERIAL

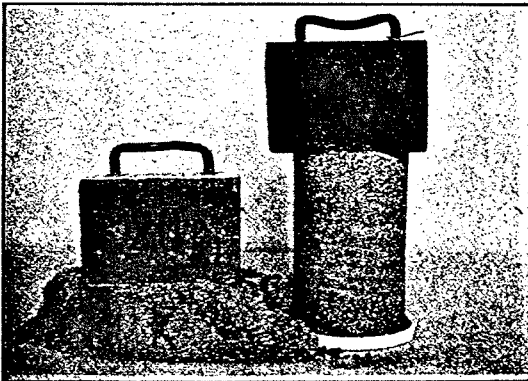
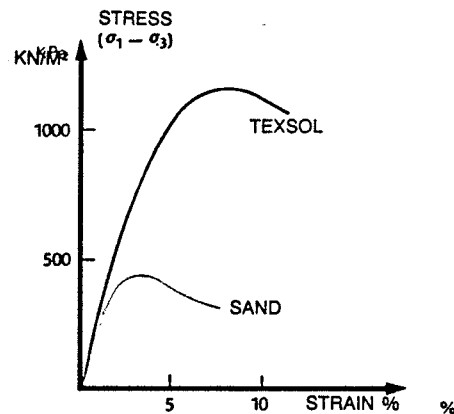
TEXSOL is made of synthetic fiber mixed in place with natural soils using equipment built for the purpose. Multiple continuous threads are used in a ratio of 0.1 % to 0.2 % of the weight of the natural soil. An important cohesion is obtained through friction between the threads and the soil grains; it is not related to the water content of the mix. Thread characteristics are determined to match soil granularity and the required TExsOL

properties. 2 to 4 Kg of continuous thread per cubic meter, usual ratios, correspond to 100 to 250 kilometers of thread per cubic meter of TExsOL.

**HIGH COHESION**  
100 to 300 KN/M<sup>2</sup>  
varying with % of fibers



**HIGHER ALLOWABLE STRAIN BEFORE FAILURE**



## THE CHARACTERISTICS OF TExsOL

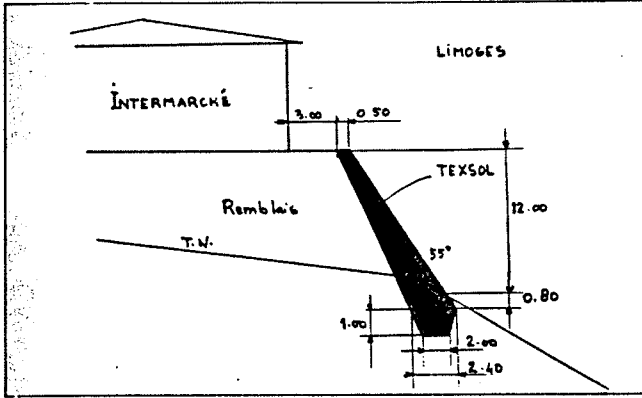
- Mechanical strength increased compared to that of the original soil.
- Permeability and modulus of deformation of the original soil unchanged.
- Can be turfed.



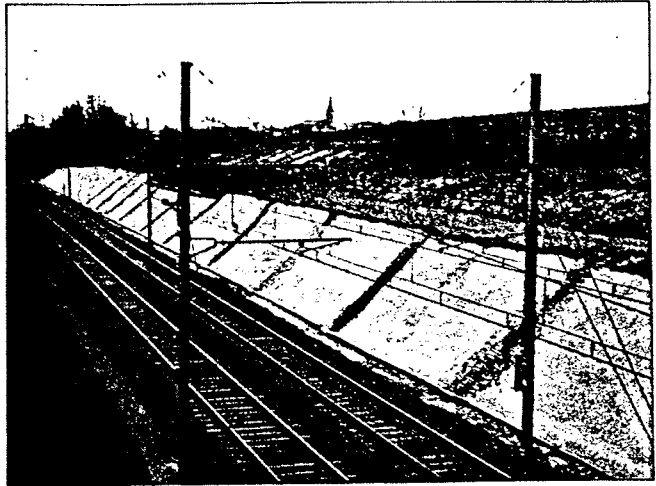
## THE ADVANTAGES OF TExsOL

- Enhanced allowable slope angle, up to vertical.
- Fast construction, no forms, no backfill.
- Turfing and planting.
- Significantly reduced right of way.
- Easily adaptable to various site geometries.
- Cast in place, no solidification/setting time.
- Unchanged permeability.
- Absorption of shocks and noises.
- Antiseismic characteristics.
- Resistant to air and water erosion.

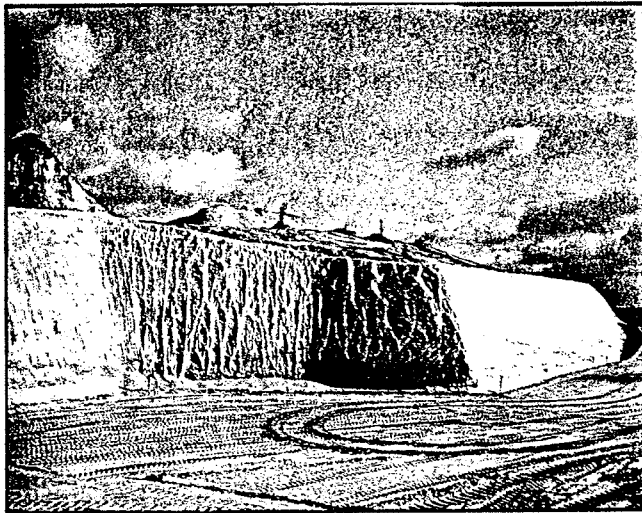
# SOME EXAMPLES



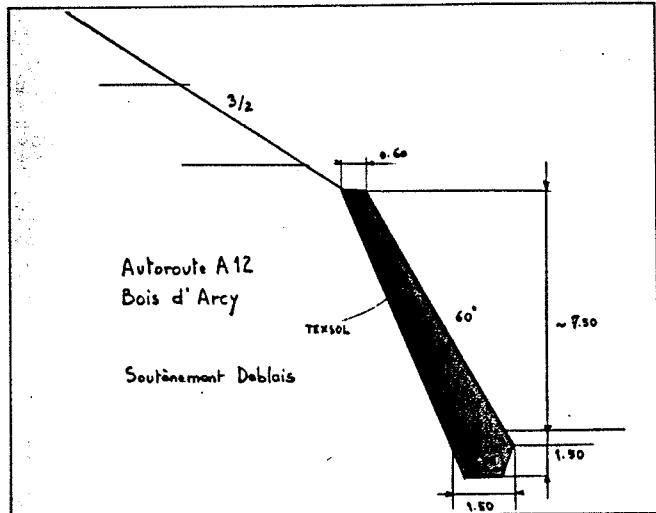
Limoges - Supermarket on high fill - Retaining wall



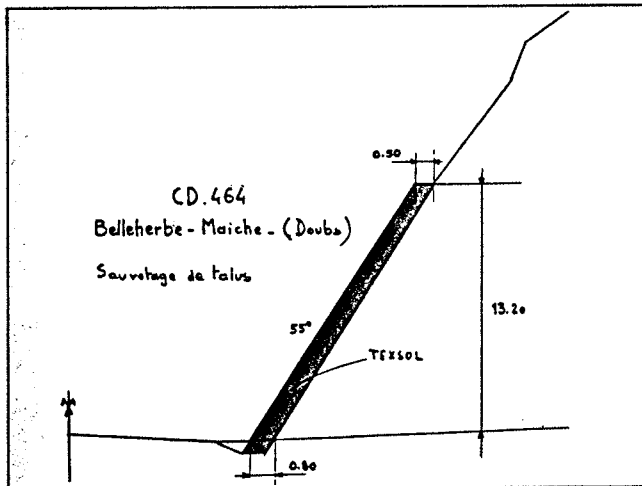
Slope in cut section before turfing - Bourg-en-Bresse



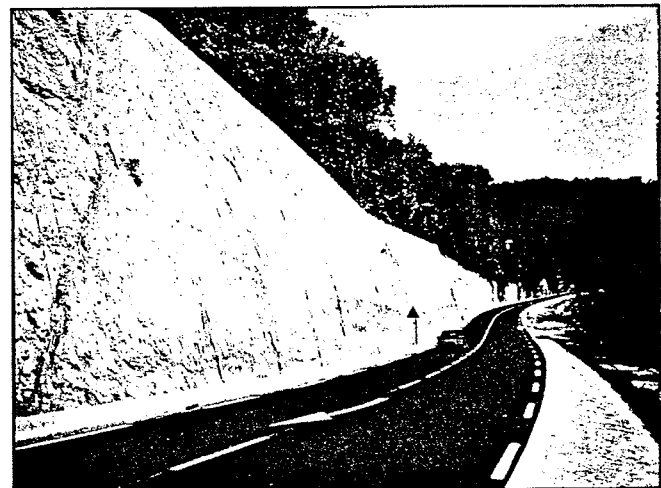
Retaining walls - Leisure Park Astérix



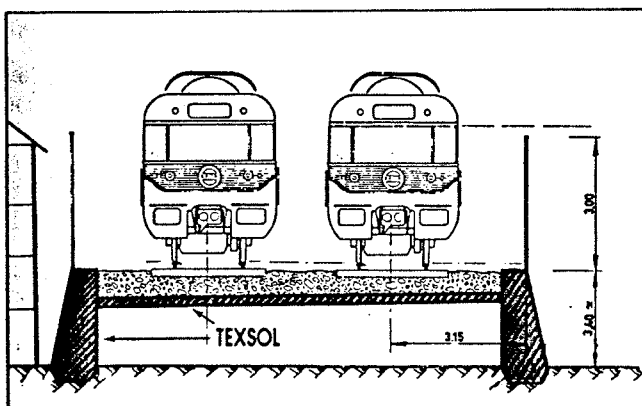
A12 - Widening of Motorway - Bois d'Arcy



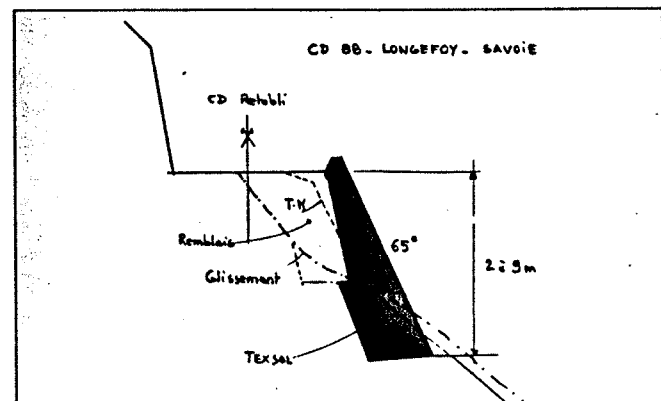
Slope saving - D 464 - Doubs



Retaining wall of 14 m high - PERIGUEUX



Retaining walls and base course under train tracks  
Croix de Berny - Metro RER



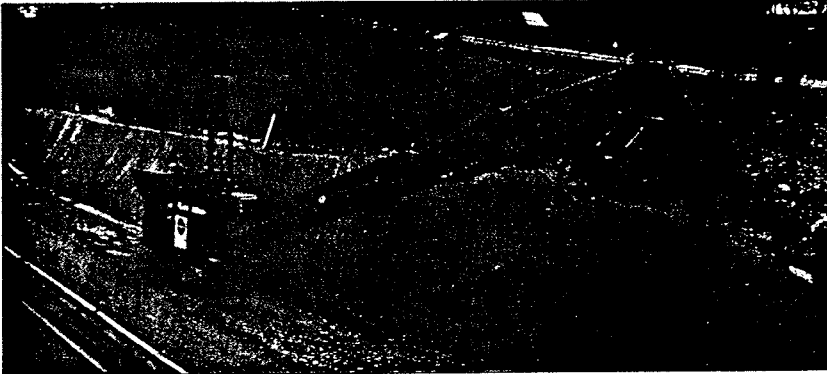
Reconstruction of slided mountain road - fill retaining  
Longefoy - Savoie





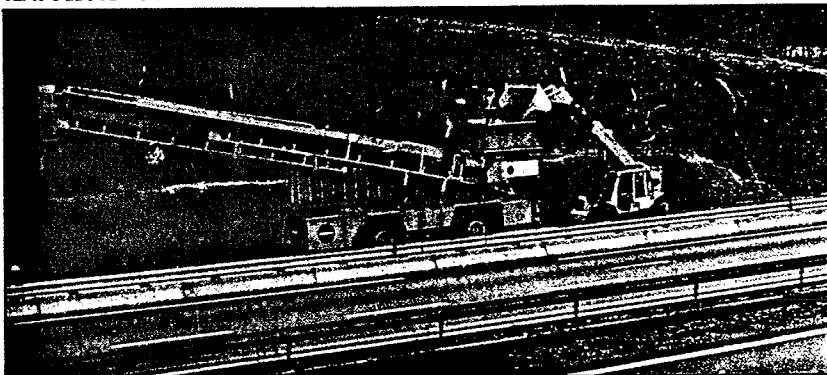
## EQUIPMENT - OUTPUT

There are four different types of plant and equipment used to produce TEXSOL.



TEXSOLEUSE TO1 - HIGHWAY A7 - St-Rambert

① A crawler mounted machine for linear jobs, composed of a conveyor belt for the sand projection attached to a high speed multi-thread feeder (20 m/s).



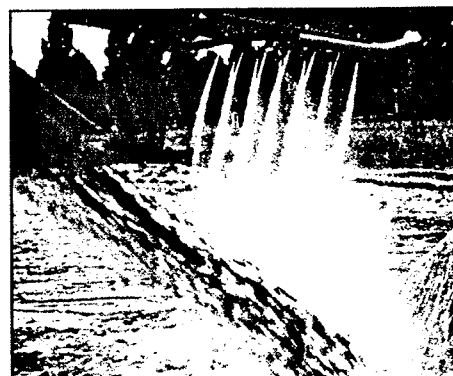
TEXSOLEUSE T10 - HIGHWAY A7 - Chanas

② A rubber tyred machine, with telescopic boom, based on the same principles but with a higher output.



TEXSOLETT - KUMAGAÏ GUMI - Japon

③ For small quantities hand-equipment using a gunite machine and a hydraulic hand gun to distribute the threads.



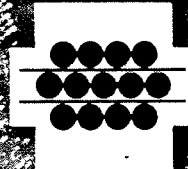
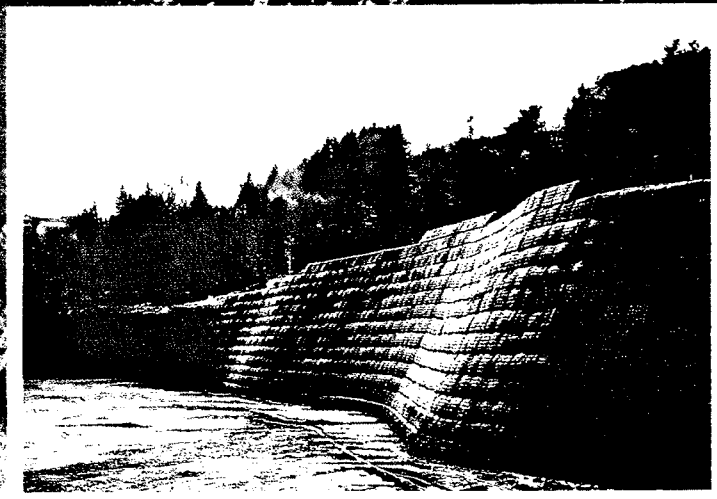
TEXSOLEX - LELYSTADT - Hollande

④ A prototype allowing the construction of horizontal layers of TEXSOL on road or railway, in reinforcement under embankment or for sand hill stabilization.





# TERRATREL®

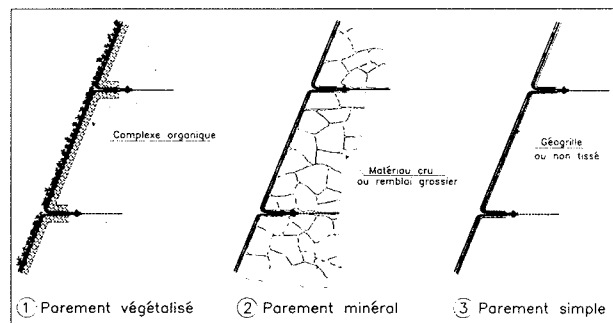
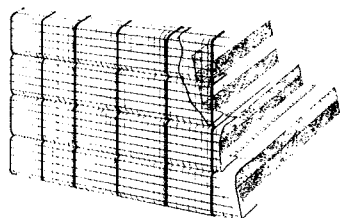


terre armée

## Le TERRATREL, issu de la technologie habituelle de la TERRE ARMÉE

qui associe des armatures métalliques à du remblai et à une peau en écailles de béton, s'en différencie par une peau légère constituée d'un treillis métallique.

Ce nouveau produit apporte une solution économique et esthétique durable aux raidissements de talus qui nécessitent leur intégration à l'environnement soit par la végétalisation de leur parement, soit par un aspect rocheux.



## SA TECHNOLOGIE (armatures, remblais, peau)

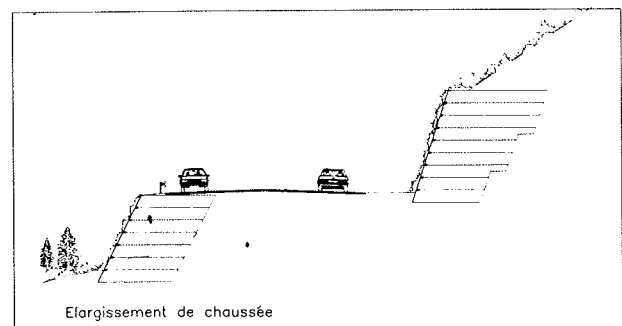
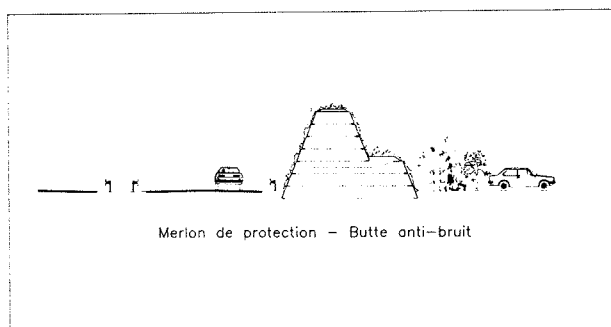
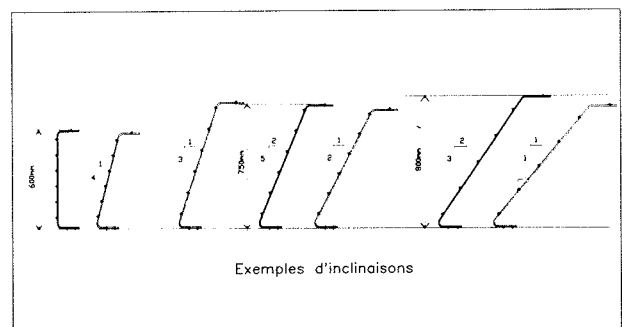
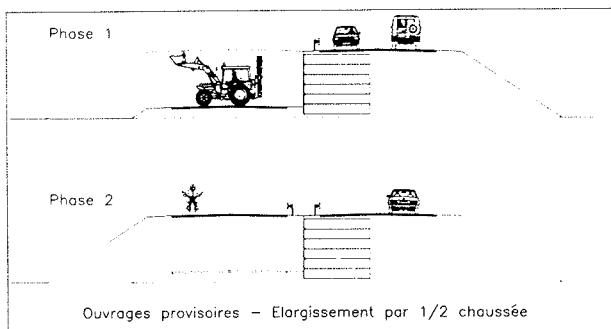
- Les armatures sont celles couramment utilisées dans les ouvrages en TERRE ARMÉE. Ce sont des plats crantés en acier noir ou galvanisé; ils sont distants en plan de 60 ou 75 cm. Leur longueur, variable, est précisée sur les plans.
- Le remblai devra répondre aux caractéristiques granulométriques de la TERRE ARMÉE.
- La peau est constituée par un treillis métallique, galvanisé ou non, de maillage 100 x 100 à 150 x 200 mm. Les panneaux ont une longueur maximum de 2,50 m, droits ou inclinés, de hauteur 0,60 et 0,75 m. Ils sont préformés et munis d'amorces sur lesquelles sont boulonnées les armatures. Un grillage métallique ou synthétique vient obturer les mailles du treillis afin d'empêcher la déperdition du remblai.

## SON MONTAGE - SA MISE EN ŒUVRE

- Facile : panneaux, géosynthétique et amorces préassemblés, armatures coupées, panneaux légers de 15 à 45 kg l'élément, ce qui supprime tout engin de manutention.
- Rendements élevés : de l'ordre de 80 m<sup>2</sup> par jour, à 4 hommes.
- Mise en œuvre du remblai par couches de 35 cm maximum, correctement compactées.

## SES APPLICATIONS (ouvrages provisoires ou définitifs)

- Raidissement de talus avec une pente pouvant varier de la verticale au 3/2 (élargissement de chaussée, butte antibruit, emprise insuffisante pour un talus naturel,...)
- Parois verticales (soutènements, quais de déchargement, ...).





Ministère de l'Équipement  
et du Logement  
DR - DSCR

# NOTE D'INFORMATION

CHAUSSÉES  
TERRASSEMENTS

## 47

## LE PNEUSOL<sup>®</sup>

(Soutènement - Répartiteur de contraintes)

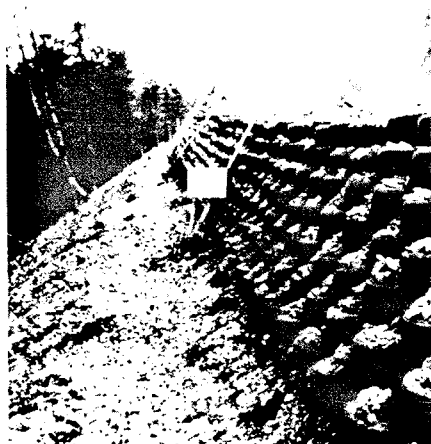
<sup>®</sup> Marque déposée

Auteurs : LCPC/SETRA

Janvier 1989

Editeur : SETRA

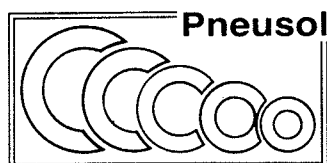
*Résumé : plus de 250 000 tonnes de pneumatiques usagés sont jetés chaque année dans les décharges. Ces déchets dégradent l'environnement. L'Administration, par l'intermédiaire du Pneusol, association de « pneus » et de sols, se propose de les réutiliser dans un certain nombre de domaines du Génie Civil (renforcement des sols, absorbeur d'énergie, répartiteur des contraintes, remblai léger, ...).*



Col de Bussang



Fertrupt



Monistrol-sur-Loire



Col de Bussang

# PRÉSENTATION DE LA TECHNIQUE

## Généralités

Le Pneusol, marque déposée, est un matériau inventé et étudié par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. Comme son nom l'indique, il est constitué de deux éléments : le pneu, en général usagé, et le sol.

Dans le mot « pneu » on comprend le pneu lui-même entier ou partiellement découpé ou tous les éléments constituant sa structure : ses deux flancs et sa bande de roulement. Ces pneus ou ces éléments associés linéairement ou en nappes sont capables de supporter des efforts de traction importants. Dans le mot « sol » on comprend toutes les variétés de terrains naturels, éventuellement traités, et artificiels ou de déchets divers pouvant être associés au « pneu ».

Le Pneusol présente l'avantage de pouvoir améliorer de façon durable les propriétés mécaniques du sol, soit de manière anisotrope, c'est-à-dire dans les directions où le matériau est le plus sollicité (nappes, bandes linéaires), soit de manière isotrope, dans toutes les directions (chaînes continues d'éléments ou de pneus remplis ou non).

## Technologie du pneumatique en Pneusol

Un pneumatique enterré se trouve à l'abri des rayons ultraviolets, qui sont le seul agent extérieur capable de détériorer le caoutchouc protégeant les armatures ; il a par conséquent une durée de vie très importante.

Le « pneu » peut être disposé selon des lits horizontaux de la manière suivante :

- pneumatique posé à plat,
- bande de roulement sur chant,
- bande de roulement aplatie.

L'assemblage de ces éléments permet de réaliser les armatures de renforcement du sol modulé en fonction des efforts de traction. Leur montage doit rester simple pour avoir un procédé valable technologiquement et économiquement.

## Divers cas d'emploi

Les principaux avantages que confère le Pneusol aux ouvrages utilisant cette technique sont essentiellement :

- une souplesse d'adaptation permettant de supporter des tassements différentiels importants,
- une meilleure répartition des efforts dans la masse du matériau et sur les fondations.

Le Pneusol a été utilisé aujourd'hui :

- en soutènement (y compris les murs de quai),
- en raidissement de pente,
- en répartiteur de contraintes (création de l'effet de voûte),
- en absorbeur d'énergie,
- en remblai léger,
- en protection des berges,
- en réducteur des poussées sur écran rigide,

les trois premiers cas étant plus fréquents que les quatre derniers. Les ouvrages construits (nombre : 50) sont en compétition avec d'autres techniques.

D'autres applications de cette technique sont à l'étude pour :

- des fondations anti-vibrations,
- une utilisation en tant que matériau antisismique,
- une protection contre les chocs de navires par constitution d'îles artificielles.

Le Pneusol se présente comme un matériau de génie civil très économique.

## CONCEPTION DES OUVRAGES

Nous allons décrire ci-après la conception d'ouvrages dans deux cas principaux d'utilisation de Pneusol.

### MUR DE SOUTÈNEMENT (fig. 1)

#### Description

Un mur de soutènement en Pneusol est constitué :

- de « pneus » (pneumatiques ou éléments de pneumatiques disposés linéairement ou en nappes selon des lits horizontaux),
- de remblai remplissant les vides laissés et séparant les lits de « pneus », ne présentant pas des caractéristiques géotechniques contraignantes,
- de parements préfabriqués en béton protégeant les « pneus » vus, empêchant le remblai de s'ébouler entre les lits de « pneus » et pouvant jouer un rôle architectural ; s'il n'y a pas de parements en béton comme dans le cas des raidissements de pente (pente à 1/2 ou 1/3), les « pneus » vus ne jouent aucun rôle mécanique.

Un tel mur présente de nombreux avantages :

- standardisation et rapidité d'exécution,
- continuité avec les remblais adjacents,
- réalisation de courbes à faible rayon de courbure,
- réalisation en site terrestre ou aquatique,
- amélioration du compactage.

#### Justification

Comme pour tous les ouvrages en sol renforcé, le dimensionnement du mur en Pneusol est composé de deux phases :

- le dimensionnement externe : vérification classique de stabilité d'un mur-poids,
- le dimensionnement interne : vérification de l'équilibre entre la poussée exercée et la résistance à la traction de l'assemblage choisi.

#### Mise en œuvre

On commence par assembler les « pneus » pour constituer les armatures qui seront posées linéairement ou en nappes en tenant compte des efforts de traction auxquels elles seront soumises. Cet assemblage est fait à l'aide d'attaches (bandes polyester) nouées à la main ou à la machine.

Une fois ces armatures posées, liaisonnées au parement et bien tendues pour éviter des mouvements possibles, on vient remblayer par couches de 25 centimètres, en bandes parallèles au parement en partant de celui-ci vers l'arrière du massif.

Quand on est arrivé en haut du parement, on vient poser un nouveau parement avec un fruit vers le massif et en le décalant vers l'arrière pour assurer le fruit du mur.

On pourra disposer à l'arrière du massif un matériau drainant avec à sa base un drain de récolte des eaux.

Pour les murs à fruit important (pente inférieure ou égale à 1/2) on pourra se passer de parement en protégeant la surface extérieure par une végétalisation ou une rangée supplémentaire de pneumatiques.

### CONCEPTION DU RÉPARTITEUR DE CONTRAINTES (création de l'effet de voûte) (fig. 2)

#### But

Cela concerne les ouvrages rigides enterrés sous forte hauteur de remblai. La présence de l'ouvrage constitue une discontinuité dans le remblai provoquant des tassements différentiels entre les remblais adjacents à l'ouvrage et le remblai sur l'ouvrage, équivalents à un frottement négatif. Cette discontinuité se traduit pour l'ouvrage par une charge verticale supérieure à la charge du remblai (effet Marston). Le rapport entre les deux charges peut atteindre des valeurs élevées, 1,5 dans des cas courants. Pour éviter d'avoir un « Marston » élevé, il suffit de créer artificiellement un tassement supplémentaire sur l'ouvrage en réalisant un massif en Pneusol avec des pneumatiques entiers, massif qui sera plus léger et plus compressible qu'un massif en remblai normal.

#### Description

Il s'agit là d'un massif constitué de pneumatiques entiers



Fig. 1 : Mur Pneusol avec parement en béton

(actuellement poids lourds) placés les uns à côté des autres, remblayés à l'intérieur des « jantes » et empilés les uns sur les autres en quinconce ou non.

#### Justification

Connaissant les caractéristiques mécaniques du Pneusol et celles des remblais techniques environnants, le calcul consiste à déterminer l'épaisseur du massif Pneusol à mettre en œuvre pour obtenir sensiblement un même tassement d'ensemble sur la génératrice supérieure de l'ouvrage.

#### Mise en œuvre

En général, on pose la première nappe de pneumatiques poids lourds de manière jointive (disposition orthorhombique) lorsque le remblai atteint 50 centimètres au-dessus de l'ouvrage. On remblaye les pneumatiques de façon à permettre la circulation des engins et des hommes. On répète l'opération en décalant chaque fois la nouvelle nappe d'un demi-diamètre par rapport à la précédente.



Fig. 2 : Disposition du Pneusol au-dessus d'une voûte

#### ONT PARTICIPÉ A LA RÉDACTION :

NGUYEN THANH LONG, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

JEAN Pierre André, Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes

VAUTRIN Jean-Claude, Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes

URSAT Paul, Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Strasbourg

WASCHKOWSKI Edwin, Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Blois

BESCOND Bernard, Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées d'Aix-en-Provence

POUGET Pierre, Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Clermont-Ferrand.

Toutes les Divisions Chaussées et Terrassements et Ouvrages d'Arts de C.E.T.E. et les Laboratoires régionaux de l'Equipement peuvent aussi fournir de plus amples informations.



## PUBLICATIONS

- [1] LONG N.T., POUGET P. (1980), « Le renforcement des sols par des pneumatiques usagés ». Rapport à la DGRST, Septembre.
- [2] CARTIER G., LONG N.T., POUGET P., BARGILLAT R., CUDENNEC J.-P. (1981), « Déchets urbains et pneumatiques usagés en Génie Civil ». X<sup>e</sup> Congrès International de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondations, Stockholm.
- [3] LONG N.T., DELMAS Ph., POUGET P. (1984), « Pneumatiques usagés ». Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 129, Janvier-Février.
- [4] LONG N.T. (1984), « Le Pneusol ». Colloque International « Routes et Développement », Institut des Sciences et des Techniques de l'Équipement et de l'Environnement, Paris, Mai.
- [5] LONG N.T. (1985), « Les pneus en renforcement de terrains : Le Pneusol ». Le recyclage du caoutchouc et des matières plastiques, Journées ANRED, Angers, Juin.
- [6] LONG N.T. (1985), « Le Pneusol ». Rapport des Laboratoires n° 7, Juillet.
- [7] LONG N.T. (1985), « Le Pneusol » : Réalisations ». Colloque « Innovation dans les Techniques de la Route », Paris, Octobre.
- [8] LONG N.T. (1985), « Le Pneusol ou l'art d'utiliser les restes ». Bulletin ISTED Equipement et Développement n° 16/17.
- [9] AUDEOUD B., LONG N.T., URSAT P., (1986), « Tyresoil and the Stabilization of slopes ». VIII Danube European Conference on Soils Mechanics and Foundations Engineering, Nuremberg, September.
- [10] GAIOTTINO C., LONG N.T., SALLE R., URSAT P., (1987), « Le Pneusol et les ouvrages de soutènement ». IX<sup>e</sup> Conférence Régionale Africaine, Lagos, Septembre.
- [11] DANTEC P., JEAN P.A., LONG N.T., POUGET P., SAPY M., (1987), « Le Pneusol et l'effet de voûte ». Colloque International « Interaction Sols-Structures », Paris, Mai.
- [12] AUDEOUD B., LONG N.T., URSAT P., (1988), « Une astuce à deux niveaux ». Revue des TPE, Janvier-Février.
- [13] BAILLY J.C. et AL., (1988), « Le Pneusol : Recherches et Réalisations ». Congrès international Routes et Circulation Routière, Berlin, Sept.

Pour tous renseignements techniques  
concernant cette note, vous pouvez  
vous adresser aux auteurs  
dont la liste figure en page 3.

### AVERTISSEMENT :

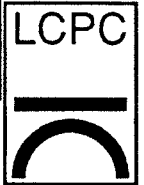
Cette série de documents est destinée à fournir une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et la non exhaustivité. Ce document ne peut engager la responsabilité ni de son auteur ni de l'administration.

Les sociétés citées le cas échéant dans cette série le sont à titre d'exemple d'application jugé nécessaire à la bonne compréhension du texte et à sa mise en pratique.

S.E.T.R.A., 46, Avenue Aristide-Briand, 9223 BAGNEUX - France  
Tél. (1) 42.31.31.31 - Télex : 260763 SETRA BAGNX

Bureau de vente : Tél. (1) 42.31.31.55 - (1) 42.31.31.53 - Référence du document : **D 8906**

Classification thématique au catalogue des publications du SETRA : **D01**



## OUVRAGES EN PNEUSOL PNEUSOL STRUCTURES

1990

F R A N C E

- \* **OUVRAGES DE SOUTÈNEMENT - RETAINING STRUCTURES :**
  - . Mur expérimental de Langres (1982) - Longueur : 10 m. - Hauteur : 5 m.
  - . Mur de Fertrupt (1984) - Longueur : 54 m. - Hauteur : 5 m.
  - . Mur de Meyzieu (1986) - Longueur : 25 m. - Hauteur : 5 m.
  - . Mur de Blandin (1986) - Longueur : 60 m. - Hauteur : 2 à 6 m.
  - . Mur du col de Bussang (1987) - (6 ouvrages) - Longueur totale : 650 m. - Hauteur : 2 à 7 m.
  - . Mur de Turckheim (1988) - Longueur : 100 m. - Hauteur : 2 m.
  - . Mur de Solaize (1989) - Longueur : 60 m. - Hauteur : 2 m
  - . Mur de Rothau (1990) - Longueur : "à m. - Hauteur : 5 m
  
- \* **REDUCTEUR DE POUSSEE - REDUCE ACTIVE EARTH PRESSURE :**
  - . Mur de Mende (1986) - Longueur : 54 m. - Hauteur : 5 m. - Epaisseur : 4 m.
  - . Mur de Munster (1988) - Longueur : 40 m. - Hauteur : 6 m. - Epaisseur : 3 m.
  - . Mur de Vendôme (1988) - Longueur : 20 m. - Hauteur : 5 m.
  - . Mur de la Fonderie (1988) - Longueur : 50 m. - Hauteur : 6 m.
  - . Piste olympique de Val d'Isère (+ buses) (1989) - (2 ouvrages) - Longueur : 200 m.- Hauteur : 6 m.
  - . Mur de Cernay (1990) - Longueur : 15 m. - Hauteur : 4 m.
  - . Mur de Sélestat (1990) - Longueur : 15 m. - Hauteur : 5 m.
  - . Boulsios (1990) - Longueur : 30 m. - Hauteur : 1,5 m (S.N.C.F.)
  
- \* **RAIDISSEMENT DES PENTES - STIFFENING SLOPES :**
  - . Route de Kruth-Marstein (1984) - Longueur : 80 m. - Hauteur : 4 m.
  - . Lutzelhouse RN 20 (1986) - Longueur : 30 m. - Hauteur : 6,5 m.
  - . Vierzon (1986) - Longueur : 80 m. - Hauteur : 3 m.
  - . Blois (1988) - Longueur : 15 m. - Hauteur : 7 m.
  - . Stand Oswald (1988) - Longueur : 10 m. - Hauteur : 4 m.
  - . CD 7 Petite Pierre (1988) - Longueur : 50 m. - Hauteur : 4 m.
  - . CD 130 Route du Strutof (1990) - Longueur : 25 m - Hauteur : 8 m
  
- \* **ABSORBEURS D'ENERGIES - ENERGIE ABSORPTION :**
  - . La Paravalanche de la Grave (1984) - Longueur : 120 m. - Epaisseur : 1 m.
  - . 2ème tranche (1986) - Longueur : 138 m. - Epaisseur : 1 m.
  - . Lambin La Terrasse (1988/89) - Protection d'un réservoir - Epaisseur : 2 m.
  - . Aigueblanche (+ géotextile) (1988/89) - Longueur : 850 m. - Hauteur : 7m,20
  - . Le Chant du Comte (+ géotextile) (1989) - Longueur : 400 m. - Hauteur : 4,50 m.
  - . Solaize (1989) - Longueur : 25 m. - Hauteur : 5 m. (S.N.C.F.)
  - . Lechère (+ géotextile) (1990) - Longueur : 600 m. - Hauteur : 6 m.

**\* REMBLAI LEGER - LIGHT GROUND FILL :**

- . Cannes-Mandelieu , autoroute (1985) - Longueur : 80 m. - Hauteur : 3 m.
- . Tennis d'Altkirch (1986) - Surface : 800 m<sup>2</sup> - Epaisseur : 1 m.
- . Glissement de Dommiers (1987/88) - Longueur : 50 m. - Epaisseur : 3,5 m.
- . Glissement de Crouttes (1988) - Longueur : 50 m. - Epaisseur : 3,5 m.
- . Piste de motocross - Romilly-sur-Seine (1989) - Longueur : 1.200 m. - Largeur : 4 m. - Epaisseur : 1 m.
- . Cannes Mandelieu RN 7 (1989) - Longueur : 100 m. - Hauteur : 3,5 m.
- . Boulsios (1990) - Longueur : 60 m. - Hauteur : 4 m. (S.N.C.F.)

**PROTECTION DES BERGES ET DES PENTES - SAFETY DEVICE OF BANKS**

**AND SLOPES :**

- . Strasbourg (1986) - Longueur : 30 m. - Hauteur : 5 m. - Pente : - 2/3 - Surface : 250 m<sup>2</sup>
- . Digue de l'Etang du Puits (1986/87) - Surface : 8.000 m<sup>2</sup>
- . Sucreries d'Artenay (1987) - Surface : 800 m<sup>2</sup>
- . Beaulieu-sur-Mer (1988) - Surface : 600 m<sup>2</sup> (S.N.C.F.)
- . Langres, canal Saône-Marne (1988) ( 3 ouvrages) - Longueur : 400 m.
- . Le Bruckenbach (1989) - Longueur : 10 . - Largeur : 5 m.
- . Enrochement du Pont St-Michel à Blois (1989)
- . Langres, canal Saône-Marne (1990) - Longueur : 500 m. - Hauteur : 1 m.
- . Langres (1990) - Longueur : 2.000 m. - Hauteur : 1 m.

**\* REPARTITEUR DE CONTRAINTES - CREATION OF ARCHING :**

- . Monistrol-sur-Loire (1985) - Longueur : 140 m. - Epaisseur : 2 m.
- . Franchissement du Banacho (1985) - Longueur : 140 m. - Epaisseur : 2 m.
- . Pont de Sayat (1986) - Longueur : 100 m. - Epaisseur : 2 m.
- . Le Marqueran (1987/88) - Longueur : 54 m. - Epaisseur : 2,5 m.
- . Xertigny (1987) - Longueur : 58 m. - Epaisseur : 2 m.
- . Bruckenbach (1988) - Longueur : 55 m. - Epaisseur : 2 m.
- . St-Paul de Le Ménard (1988) (5 ouvrages) - Longueur : 60 m. à 80 m. - Epaisseur : 0,30 m. à 0,60 m.
- . Autoroute A 47 (1988/1989), contournement de St-Chamond - Longueur : 110 m. - Hauteur : 1,20 m.
- . Mouans-Sartoux (1988/89) - Longueur totale : 300 m. - Epaisseur : 2 m.
- . St-Chely d'Apcher RN 9 (1990) - Longueur : 120 m. - Epaisseur : 2 m.
- . St-Chely d'Apcher RN 9 (1990) - Longueur : 90 m. - Epaisseur : 1,5 m.
- . RN 20 Croisières (1990) (2 ouvrages) - Longueur : 70 m. - Epaisseur : 2 m.
- . Contournement de Béziers (1990) - Longueur : 80 m. - Epaisseur : 2 m.

**\* PNEUSOL MILITAIRE - MILITARY APPLICATIONS :**

- . Rampe pour VAB (1987) - nombre : 2

**\* OUVRAGES SPECIAUX - SPECIAL STRUCTURE :**

- . Les Colonnes de Bourges (1987/88)

**E t r a n g e r - foreign countries**

**\* REPARTITEUR DE CONTRAINTES - CREATION OF ARCHING :**

- . Ain Témouchent (Algeria) (1986) - 12 ouvrages

## PRESENTATION

*J.F. Coste, Director,  
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées*

Old tyres constitute a waste material that has excellent mechanical properties and is available in quantity in all parts of our country.

In France, more than 450,000 tons of tyres are thrown away every year. Only one hundred and fifty to two hundred thousand tons are recycled in one form or another (retreads, incineration, farm use, rubber powder, etc).

The problem is not specific to France. It affects all of Western Europe (and more generally all developed countries), and some of our neighbours (Germany, Italy and Great Britain) even more acutely than ourselves, since they have roughly comparable populations (and thus comparable numbers of motor vehicles) but only about half as much land area. The European "deposit" of old tyres is about five times as large as the French one.

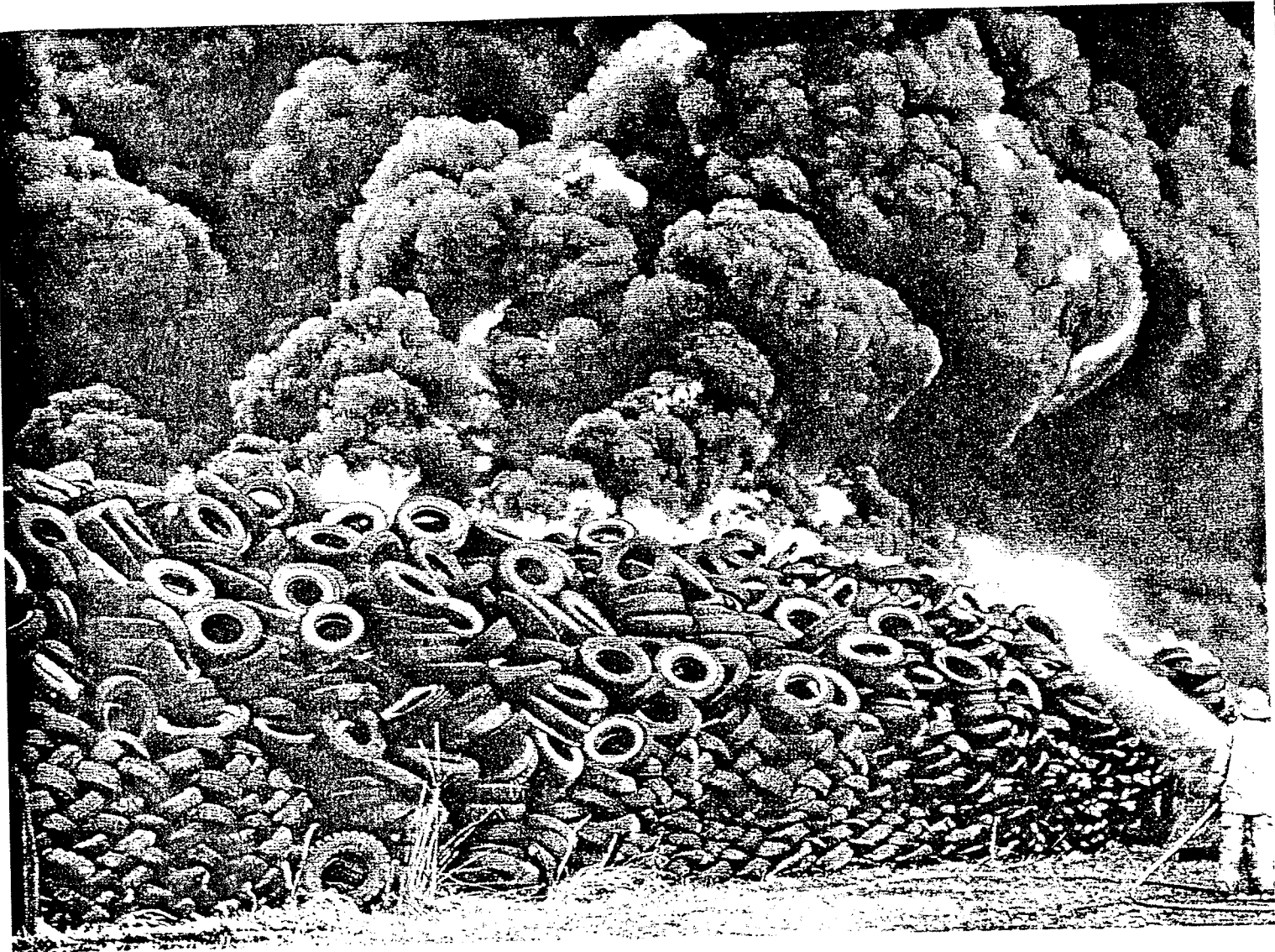
While old tyres do not contribute directly to pollution (unless they are burned in the open air), they affect our environment in the long term because they are not biodegradable.

The first research in France on the use of old tyres to reinforce soils was done in 1976, and led in 1978 to the submission of a report to the Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique.

Generally speaking, Pneusol (registered trade mark), a combination of tyres and soils, not only helps to consume stocks of old tyres, but also improves the mechanical properties of soils.

Today more than 60 structures have been built in France and 12 in Algeria covering a wide range of civil engineering applications mainly in order to reinforce earth structures, at lower cost than with conventional technologies. Other trials, aimed at other applications, are in progress. The Strasbourg Regional Public Works Laboratory, for example, has been conducting field tests of Pneusol as an vibration damping and noise abatement material.

The present document, which groups English version of articles already published on the subject, is intended to give project supervisors and contractors technical and cost information about a material that has the characteristic of being of benefit both to roads and to the environment, and that can be expected to be very competitive in economic terms.

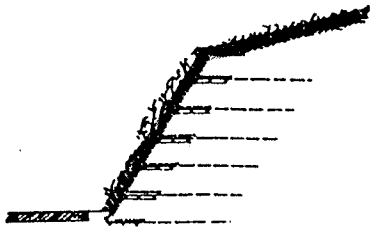


# **TEXTOMUR®**

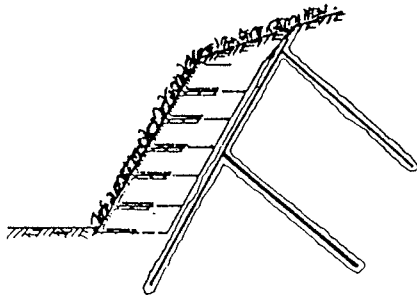
*DAS GRÜNE SYSTEM  
LE SYSTEME VERT  
IL SISTEMA VERDE  
THE GREEN SYSTEM*

english version

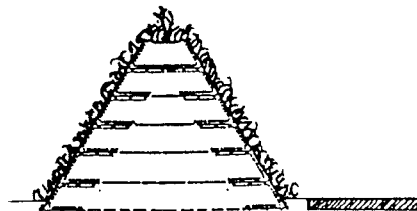
## Anwendungsbeispiele



Stützkonstruktion in Anschüttungen und Einschnitten mit ausreichender Tragfähigkeit auch für Verkehrswege (Strasse und Bahn)

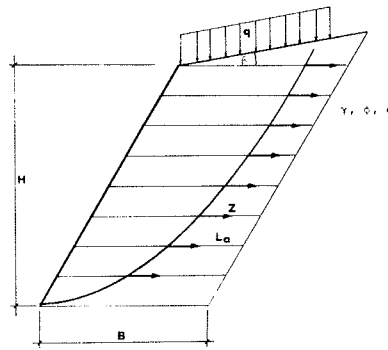


Verkleidungskonstruktionen vor standfestem oder verfestigtem Untergrund (z. B. Verdübelung)



Schutzwalle mit beidseitiger oder einseitiger TEXTOMUR-Steilwand gegen Lärm, Lawinen, Hochwasser, Stein Schlag, Erd- und Felsrutsche. Nach EMPA-Prüfung sind TEXTOMUR-Böschungen «hoch schallabsorbierend».

## TEXTOMUR®-Statik



Die Bemessung erfolgt mittels dreier Nachweise:

- Zugkraft in den Geotextillagen (Z)
- erforderliche Armierungsbreite (B)
- Verankerungslänge hinter der massgebenden Gleitfläche ( $L_a$ )

Für einfache Standardfälle sind in den technischen Unterlagen zum TEXTOMUR-System Bemessungsdiagramme verfügbar.

Überschlägig beträgt die Armierungsbreite B in % der Konstruktionshöhe H

bei normalen Stützkonstruktionen:  $B = 60 - 90\% H$

bei Verkleidungskonstruktionen:  $B = 25 - 35\% H$

## Anforderungen an das Schüttmaterial

TEXTOMUR kann mit jedem organisch nicht verunreinigtem Schüttmaterial aufgebaut werden, das sich auf die je nach Anforderung erforderlichen  $M_e$ -Werte verdichten lässt.

An der Front ist für die Vegetation eine Schicht aus feinkörnigem, wasserspeicherndem Material einzubauen, das sich ohne Hohlräume gut in die Gitter stopfen lässt.

## Anforderungen an den Untergrund

Der Untergrund muss — wie bei anderen Stützkonstruktionen auch — eine ausreichende Tragfähigkeit aufweisen.

Insbesondere bei geneigtem Gelände unter oder über der TEXTOMUR-Konstruktion muss auch die globale Sicherheit über Stabilitätsnachweise untersucht werden. Bei ungenügender Sicherheit sind Massnahmen wie z. B. eine Bodenverfestigung mit einer Verdübelung anzuordnen.

## TEXTOMUR®-Dienstleistungen

Der Kunde hat Anspruch auf folgende Gratisdienstleistungen:

- Generelle Vorprojektprüfung, Prüfung auf Realisierbarkeit
- Allgemeine Planungs- und Begrünnungsberatung
- Einbauunterstützung, Einbauanleitung

Weitere Dienstleistungen werden dem Kunden im Zeitaufwand nach SIA 103 angeboten:

- Ausarbeitung von Ausführungsprojekten
- Statische Berechnungen, Stabilitätsuntersuchungen in kritischen Fällen, die von den Standardanwendungen abweichen
- umfassende geotechnische Abklärungen, Terrainaufnahmen
- detaillierte Bepflanzungsvorschläge
- Bauleitung

FRITZ LANDOLT AG

Bahnhofstrasse 35, CH-8752 Näfels

Ihr Produzent für Schweizer Geotextilien

### ALLGEMEINE INFORMATION:

Müller-Müller AG  
Bautechnische Beratung  
Postfach 246  
CH-8854 Siebnen  
Telefon: 055 64 22 45  
Telefax: 055 64 23 40

### STATIK, PLANUNG, EINBAU:

Rüegger AG  
Beratende Ingenieure  
Oberstrasse 200  
CH-9013 St. Gallen  
Telefon: 071 27 54 84  
Telefax: 071 28 53 34

### BEGRÜNNUNG, BEPFLANZUNG:

Eberle  
Gartenbau und Tiefbau AG  
Ramsen 4250  
CH-9100 Herisau  
Telefon: 071 51 59 49  
Telefax: 071 51 59 73

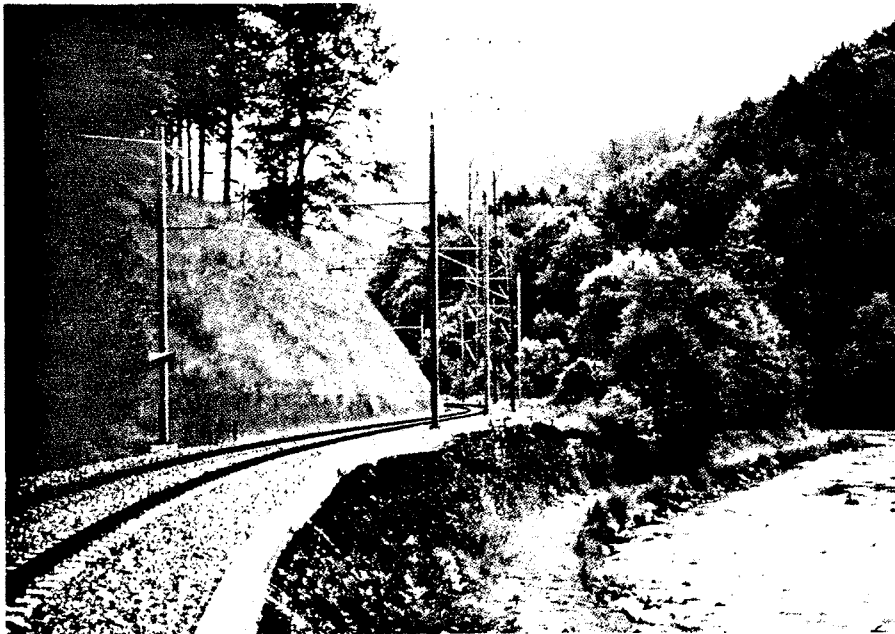
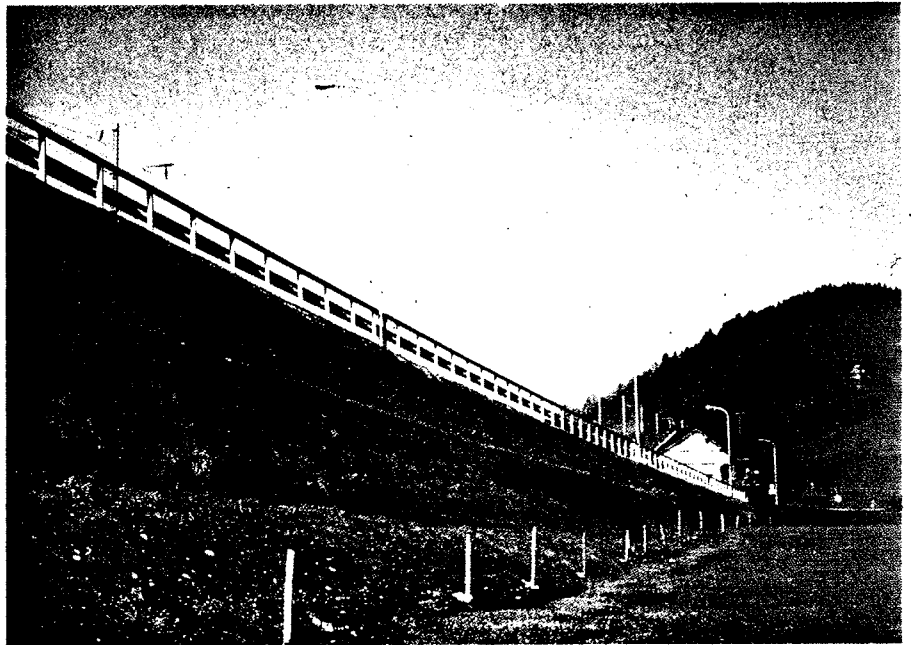
Ihr lokaler TEXTOMUR®-Partner:

## Strassenverbreiterung für Radweg

Bei sorgfältigem Einbau und einwandfreier Verdichtung können direkt über der Stützkonstruktion Verkehrswege angeordnet werden. Das System eignet sich für alle Strassentypen und Schienenwege.

In diesem Zusammenhang ist auch auf die Eignung des Systems als Lärmschutzwand, der sich optimal in die Landschaft einpassen lässt, hinzuweisen. Der Wall kann dabei einseitig oder beidseitig mit einer TEXTOMUR-Steilböschung erstellt werden.

*Foto: Kanton St. Gallen: Staatsstrasse Brunnadern – Necker, 1987: Gehwegverbreiterung, Höhe 6m*



## Einschnitt mit Verkleidungsmauer

TEXTOMUR ermöglicht auch «unsichtbare» Verkleidungsmauern vor steilen Einschnittböschungen. Bei standfestem Untergrund (z.B. verwitterungsanfälliger Fels, harte Moräne etc.) sind dabei keine weiteren stabilisierenden oder stützenden Massnahmen nötig, in nicht standfestem Lockergestein kann zur Aufnahme der Erddruckkräfte z.B. eine Bodenverdübelung vorgenommen werden, die gleichzeitig als Baugrubensicherung dient.

*Foto: Kanton Zürich, Sihltal-Zürich-Üetliberg-Bahn SZU, Hangeinschnitt Sihlwald 1987, Höhe 10 m*

## TEXTOMUR®-Einbau

- Textomur wird auf ein horizontales, tragfähiges Planum in Lagen von 50 cm Stärke eingebaut.
- Die Konstruktion ist je nach Anforderungen bis an den Rand auf einen  $M_E$ -Wert von mindestens 10 bis 20  $MN m^{-2}$  zu verdichten.
- Mit einer Einbauequipe von 4 bis 5 Mann (inkl. Maschinisten) und einem Bagger sowie mit einer 1,5-t-Ramaxwalze (Verdichtungsgerät) können pro Tag bis zu 40  $m^2$  Ansichtsfläche problemlos eingebaut werden.

*Foto: Aufbau der TEXTOMUR-Konstruktion beim Hangeinschnitt der SZU*





## Das TEXTOMUR®-Stützsystem

aus geotextilarmiertem Erdmaterial  
CH-Patent 1987, Europa-Patent ang. 1986

ermöglicht:

- in vielen Fällen den Ersatz von massiven Betonkonstruktionen oder Raumgitterwänden
- eine optimale Einpassung in die Landschaft ohne sichtbare Bauteile
- den Aufbau vollflächig begrünbarer Stützbauwerke mit einer Böschungsneigung von 60°
- zusätzlich zur Grasbegrünung den Einbau von Busch- oder Heckenlagen
- ebene Böschungsflächen, die bei Grasbegrünung auch eine maschinelle Bewirtschaftung (Abmähen) erlauben
- die Verwendung von an Ort gewonnenem Bodenmaterial als Hauptbaustoff
- den Einbau mit normalen Erdbaugeräten durch jede Bauunternehmung
- für den Unternehmer hohe Einbauleistungen mit wenig Personal

Foto: Kanton Thurgau, Berlingen, 1986: Verkleidungsmauer vor verwittertem Fels, Höhe 12m

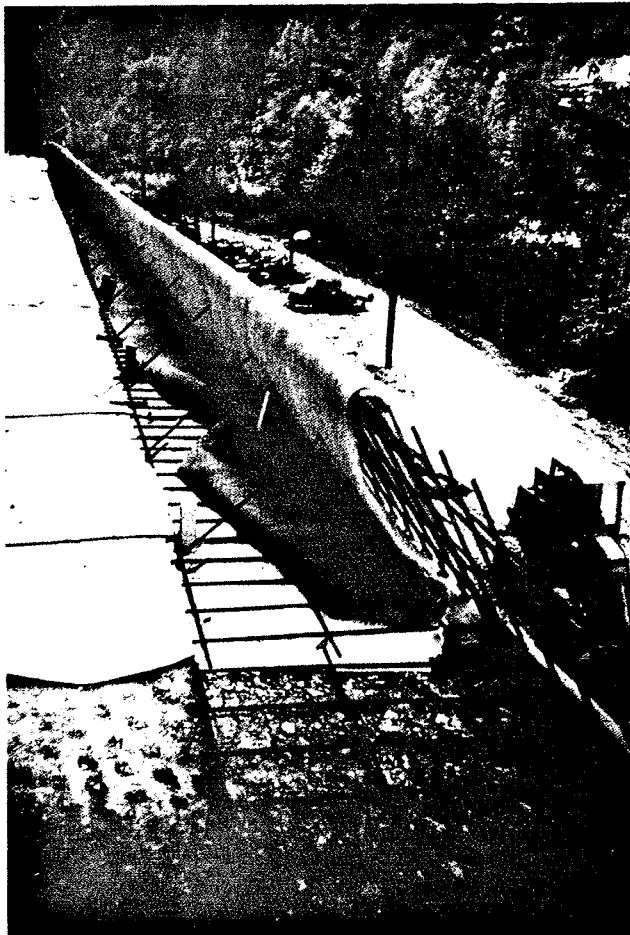
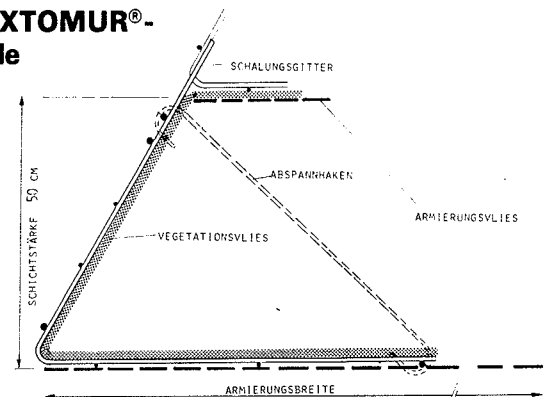


Foto: TEXTOMUR-Konstruktion im Bau  
Bauteile: Schalungsgitter  
Vegetationsvlies  
Armierungsvlies



### Die TEXTOMUR®-Bauteile



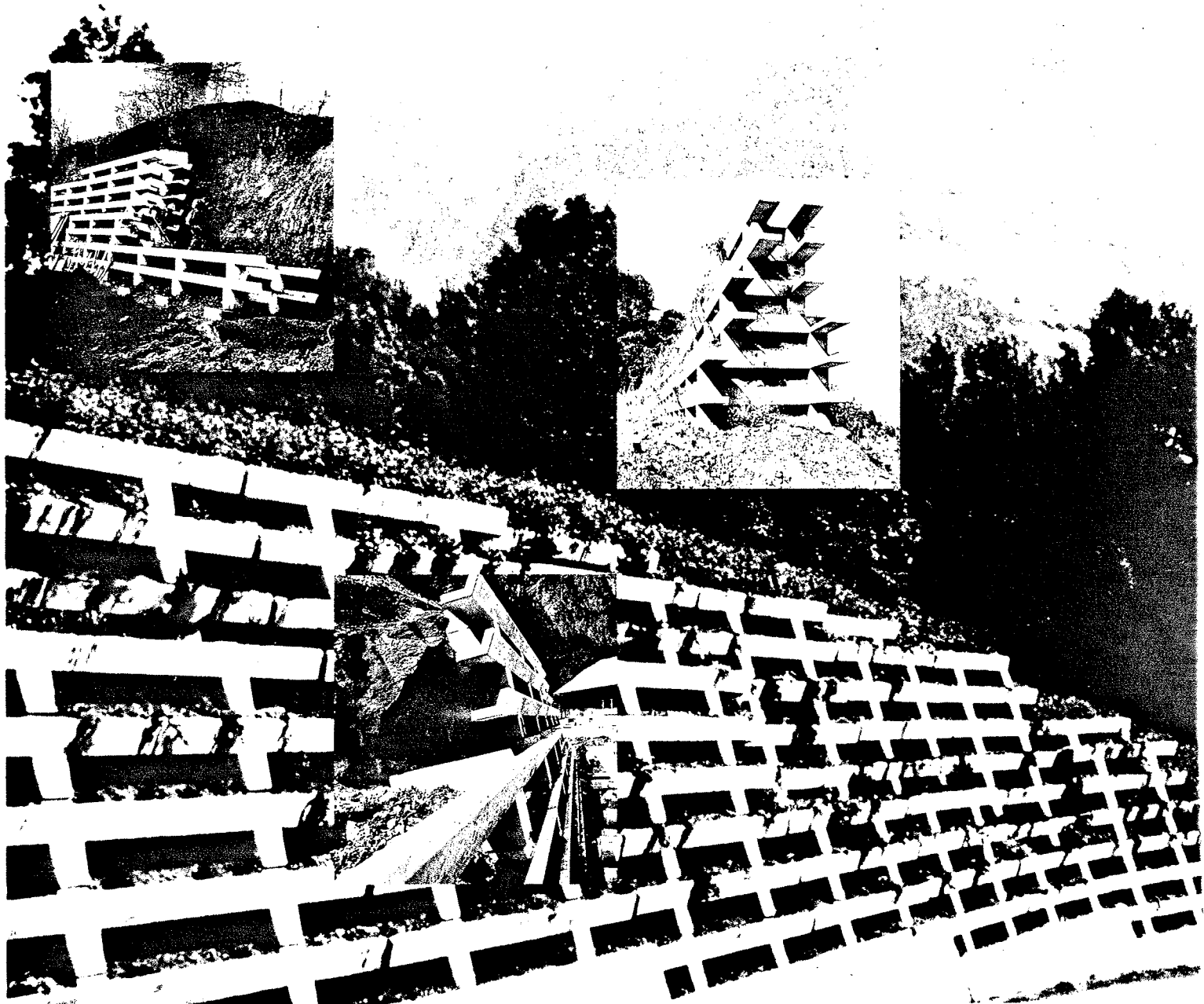
- 1) Die TEXTOMUR-Armierungsvliese wirken als Zugglieder im Boden und weisen zu diesem Zweck eine hohe Festigkeit bei geringer Dehnung auf. Sie werden lageweise horizontal mit der statisch erforderlichen Armierungsbreite in das Erdmaterial eingelegt. Die verwendeten Spezialvlies bieten gegenüber Geweben den Vorteil der Transmissivität (Durchlässigkeit in der Ebene). Jede Armierungslage wirkt daher als Drainageschicht.
- 2) Das TEXTOMUR-Vegetationsvlies wird an der Front eingebaut und ist speziell für die Aufgaben des Erosionsschutzes und der Begrünung — Haftunterlage für die Vegetationsschicht mit Nassaat, gute Durchwurzelbarkeit — konzipiert.
- 3) Das TEXTOMUR-Schalungsgitter ist eine reine Einbauhilfe. Es ermöglicht den Aufbau einer ebenen, masshaltigen Oberfläche, die auch den maschinellen Unterhalt am Bauwerk erlaubt. Mit dem Gitter, das mit Abspannhaken winkelgetreu gehalten wird, ist eine einwandfreie Verdichtung bis an die Front möglich. Das Gitter hat dabei keine permanente statische Funktion, weshalb seine Korrosion hingenommen werden darf.

Die TEXTOMUR-Geotextilien wurden von der Firma Fritz Landolt AG, CH-8752 Näfels, speziell für dieses System entwickelt und dürfen nicht anderweitig verwendet werden.

# EVERGREEN® Vedlegg 6



THE NATURAL ALTERNATIVE



# EVERGREEN®

THE NATURAL ALTERNATIVE



Finally! A wall system that is both functional and aesthetically pleasing.

The Evergreen Wall utilizes the strength of precast concrete, the advantages of standardized elements, and the beauty of nature to provide a truly amazing finished wall.

The unique design of the Evergreen Wall offers unmatched stability. In addition, it fulfills the concerns of environmentalists for providing sound reduction while conforming to the natural landscape. It is engineered to maximize the use of increasingly valuable land and requires minimal space for construction.

The Evergreen Wall is a viable solution to all of your retaining wall and noise barrier needs. It is a perfect blend of modern technology complemented with the natural beauty of living plants and flowers, thus creating a wall that is functional as well as pleasing to look at.

Evergreen Wall is the natural alternative!



SAME WALL 2 YEARS LATER

## General Description

The Evergreen Wall is composed of prefabricated concrete elements placed on top of each other which are then filled with earth and planted. Combinations of elements of different dimensions permit formation of recesses in the wall. The shape of the front profile optimizes growth opportunity for the plants which assures complete integration of the structure into its environment. Planted Evergreen Walls are attractive green slopes in summer, and their niches give accumulated winter snows interesting three dimensional patterns. Graffiti is virtually eliminated because of minimal surface area which is quickly hidden with vegetation.

## Features

- **Custom Design**—Each Evergreen Wall is custom designed to meet your requirements including footings, backfilling, and landscaping, if applicable.
- **Ease of Installation**—Under most conditions the same equipment can excavate, set wall, and backfill.
- **Maximize Land Use**—Evergreen's unique design allows wall to be constructed in minimal space.
- **Stability**—Extra wide footing stance as well as earth filling while you erect, provides an extremely stable wall.

## Benefits

- **Noise Reduction**—The excellent sound absorbency of the Evergreen Wall continues to improve as vegetation becomes more established.
- **Eliminate Falling Rock**—When bolted directly to ledge, the hazard of rock falling onto the roadway is minimized.
- **Reduce Graffiti**—Limited surface area which quickly is covered with vegetation drastically diminishes the problem of offensive roadside art.
- **Cost Effective**—The unique Evergreen component system keeps manufacturing and erection cost down by efficient use of people, time, materials and equipment. An average of 40 sq. ft. of wall surface per element means quick assembly.

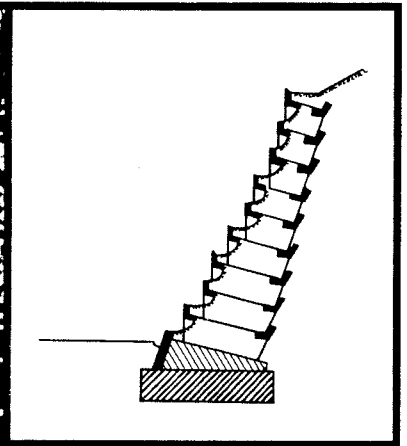
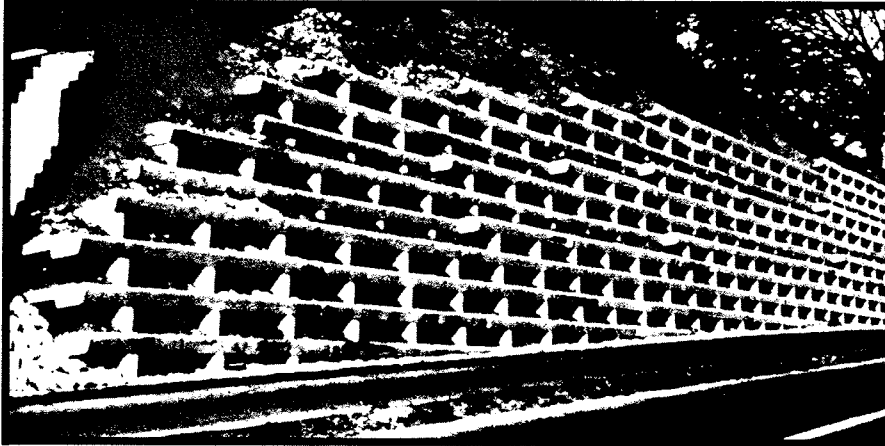
- **Quality Control**—The advanced engineering design of our steel forms and the continuous in-plant inspection during production assures consistent high standards in dimensional tolerance and strength.
- **Availability**—Standardized elements allow for units to be kept in inventory and shipped as needed.
- **Expansion**—Precast concrete sections make it possible to extend wall or even relocate, if necessary, at any time.

## Applications

Evergreen Wall can be used as retaining wall for earth or rock surfaces, slope stabilizer, or noise barrier. This unique planted wall makes it especially suitable for areas subject to graffiti. It is ideal for parks, gardens, residential and commercial districts, and along highways and railroads.

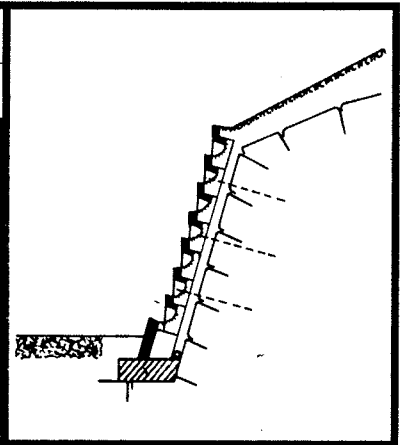
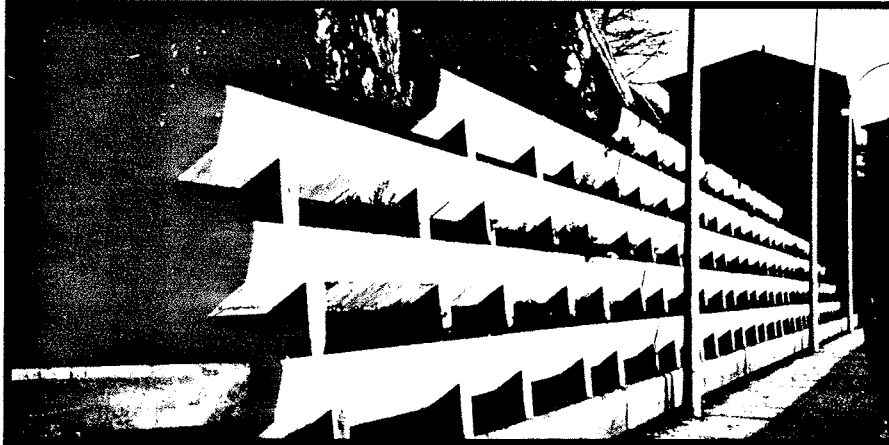
### Gravity type retaining wall

—capable of withstanding traffic loads and earth pressures; can vary in height from 3 to 60 feet.



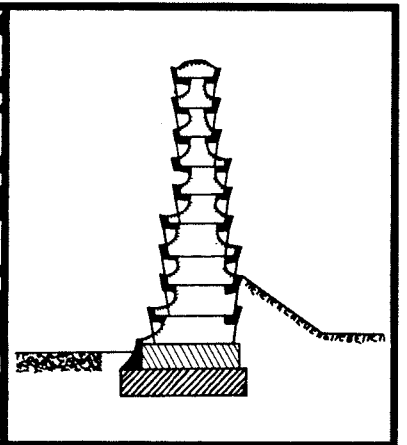
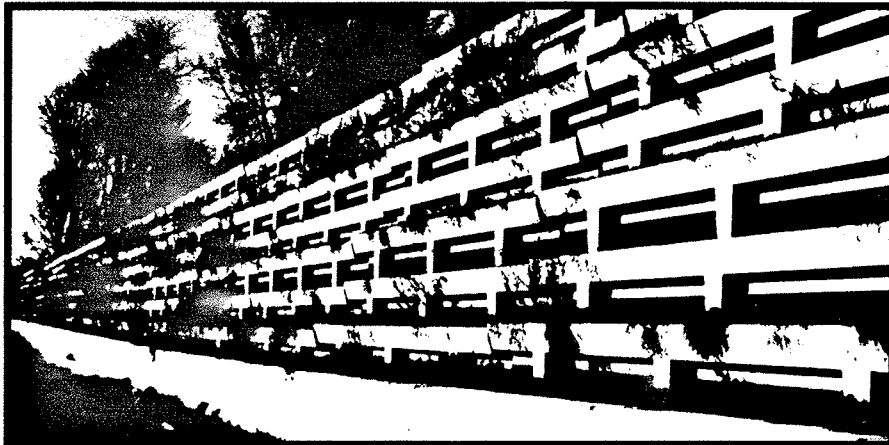
### Bolted into rock ledge

—minimizes the hazard of fractured rock falling onto roadway. Can also be used to cover existing concrete walls or buildings.

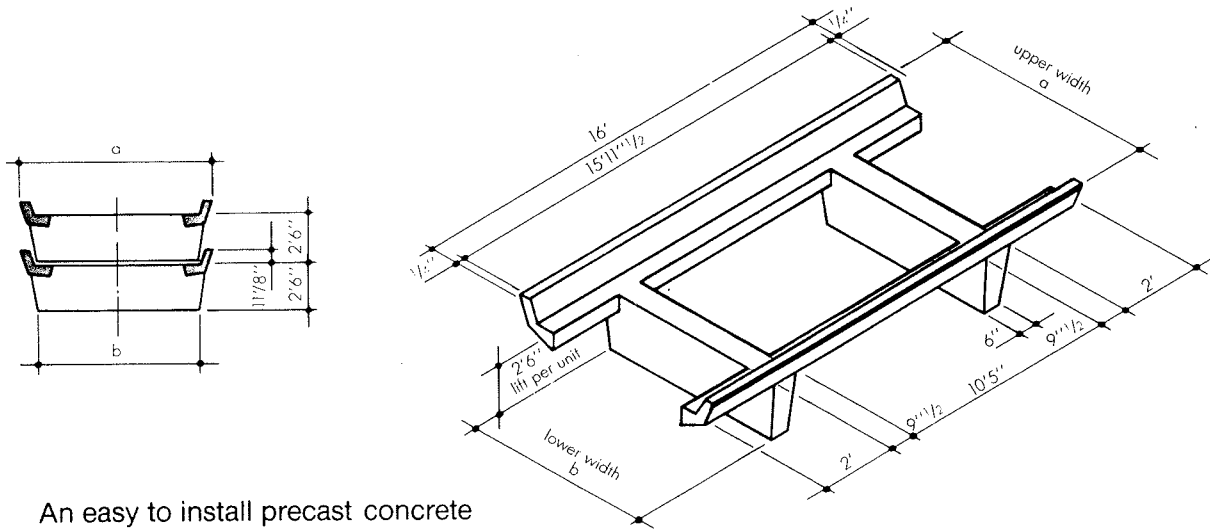


### Free standing noise barrier

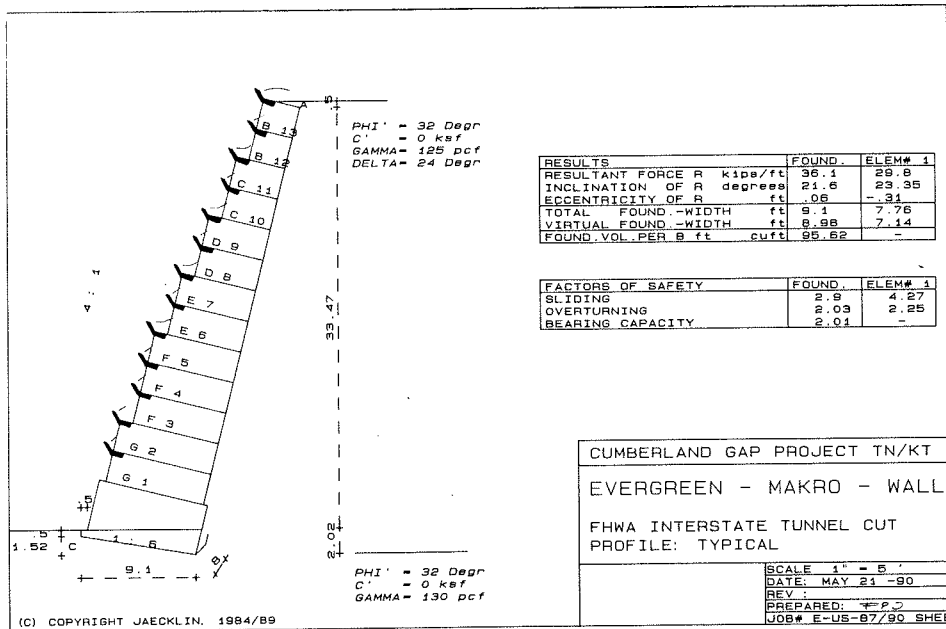
—noise from highways, railroads, or industries can be dramatically reduced.



# EVERGREEN®



An easy to install precast concrete system that blends with the beauty of nature.



**GEOTECH - LIZENZ AG**  
 p.A. Geissbergstr. 46  
 CH - 5400 ENNETBADEN

Tel: 056 22 07 22  
 Telefax 056 21 13 44

# Case 104

*Unique precast concrete wall system supports mountainside next to new Cumberland Gap tunnel.*

## Precast Concrete Manufacturer:

Permatile Concrete Products Co., Bristol, Virginia

**Architect:** Federal Highway Administration

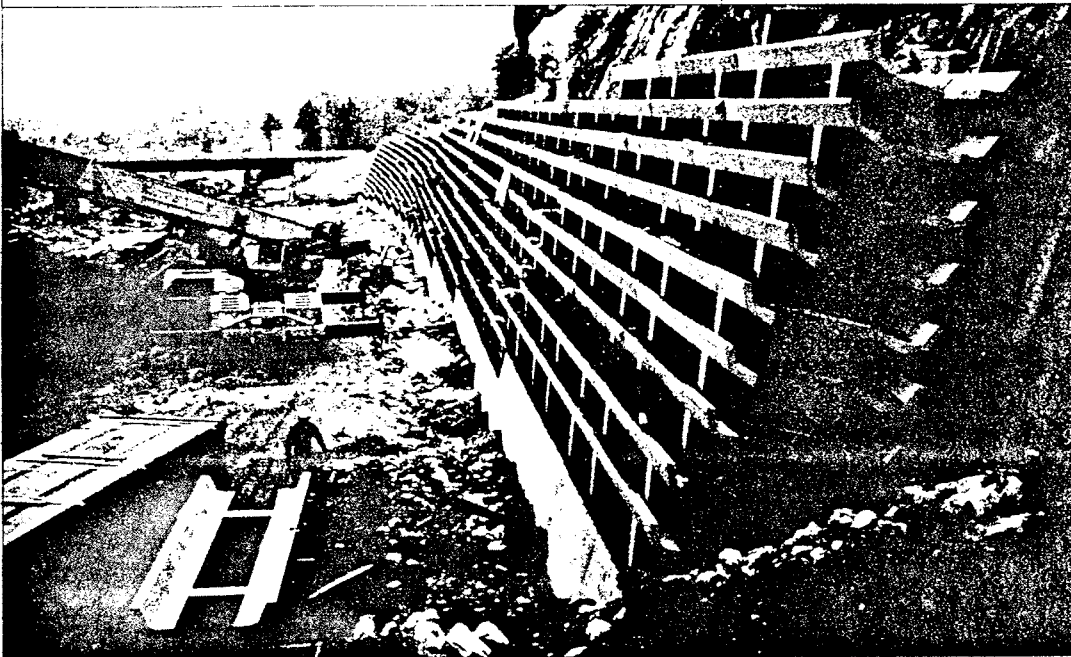
**Wall Engineer:** Geotech Lizenz-AG, Ennetbaden, Switzerland

**Contractor:** Melco Greer, Inc., London, Kentucky

**Owner:** National Park Service, Harrogate, Tennessee

nation of earth and erosion control techniques including a natural stone-colored precast concrete retaining wall system designed by Geotech Lizenz-AG of Switzerland, and manufactured by Permatile Concrete Products Company of Bristol, Virginia.

Foliage is then planted in the troughlike wall units and is grown to eventually cover the entire wall if desired. The design of the units allows enough water and sunlight for lush vegetation to take root deep within the wall system. In terms of noise reduction, the walls continue to provide even greater sound absorbency as vegetation becomes more established. And in winter, snow accumulations on the stacked wall units can create interesting three dimensional patterns.



*“The wall system offered us an excellent medium in which to grow large plants to blend into the environment.”*

Robert Leary,  
Engineer

Federal Highway Administration

*“Without the precast wall, we would have had to spend quite a bit more on stabilizing the mountain.”*

Donald Graff,  
Design Engineer

Federal Highway Administration

A new \$230 million highway and tunnel project is nearing completion in the historic Cumberland Gap region between Kentucky and Tennessee. The changes are designed to relieve traffic congestion on a winding, two-lane highway that has been carrying the volume of four times its original capacity. It is also hoped that through state-of-the-art tunnel design, accented by

aesthetic considerations required by the National Park Service, the Gap will be restored to a condition approximating that of the late 1700's when Daniel Boone blazed the wilderness road to the West.

A colossal amount of earthwork was required for the tunnel and the mountain approaches. The steep road cuts along the highway were stabilized by a combi-

The unique design of this system, called the Evergreen Wall, offered the National Park Service the strength of precast concrete, the advantages of standardized elements, and the beauty of the natural environment. The wall system also satisfied the concerns of environmentalists for providing sound and heat reduction while conforming to the natural landscape. Additionally, the Evergreen Wall is engineered to maximize the use of increasingly valuable land.

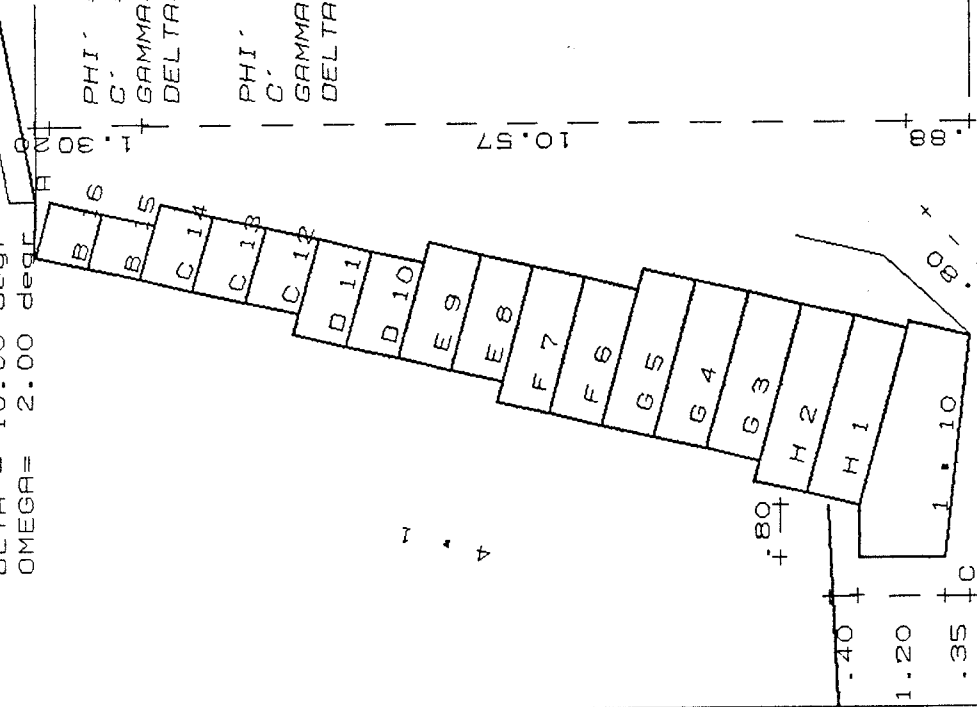
The wall is constructed of precast concrete elements placed one on top of the other at the site, and then filled with earth.

The advanced engineering of the steel forms and continuous in-plant inspection during production of the walls assures consistently high standards in finish, dimensional tolerance and strength. Once the components are delivered to the site, construction cost is kept to a minimum by limiting the number of people and pieces of equipment needed for installation.

For the Cumberland Gap project, up to 1600 square feet of wall was placed each day, allowing this major part of the project to be completed well within budget and ahead of schedule.



BETA = 10.00 degr  
 OMEGA = 2.00 degr



PHI' = 32.00 degr  
 C' = 0.00 kN/m<sup>2</sup>  
 GAMMA = 19.00 kN/m<sup>3</sup>  
 DELTA = 22.00 degr

PHI' = 35.00 degr  
 C' = 0.00 kN/m<sup>2</sup>  
 GAMMA = 20.00 kN/m<sup>3</sup>  
 DELTA = 26.00 degr

PHI' = 36.00 degr  
 C' = 10.00 kN/m<sup>2</sup>  
 GAMMA = 21.00 kN/m<sup>3</sup>

LIVE LOADS	
DISTRIBUTED LOAD	kN/m <sup>2</sup> .05
LINEAR LIVE LOAD	kN/m 0.00
DIS. A TO LOAD	m 0.00
BEND. MOMENT ON A	kN*m/m' 0.00
HOR. FORCE ON A	kN/m' 0.00
VERT. FORCE ON A	kN/m' 0.00
SEISMIC FORCE, C	0.00

RESULTS	FOUND.	ELEM# 1
RESULTANT FORCE R	kN/m' 608.34	580.26
INCLINATION OF R	degr 23.31	24.51
ECCENTRICITY OF R	m .29	.27
TOTAL FOUND.-WIDTH	m 3.38	2.70
VIRT. FOUND.-WIDTH	m 2.80	2.15
FOUND.VOL.PER 2.50 m	m <sup>3</sup> 3.13	-

FACTORS OF SAFETY	FOUND.	ELEM# 1
SLIDING	2.29	3.79
OVERTURNING	1.75	1.79
BEARING CAPACITY	4.46	-

SAMPLE WALL FOR NORWAY

EVERGREEN - MACRO - WALL  
 JAN VASLESTAD  
 OSLO  
 TEST

DR. FELIX P. JAECKLIN	SCALE. 1 / 75
GEOTECH CONSULT CORP.	DATE. 9.11.90
CH - 5400 ENNETBADEN	REV.
SWITZERL./ 056-220722	PREPARED.
	JOB# 90